



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

#### **“OBTENCIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN URBANO PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA EN HORAS PICO Y NO PICO MEDIANTE LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS FACTORES DE OPERACIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO OBTENIDO POR UN DISPOSITIVO OBD II”**

##### **Trabajo de Titulación**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

#### **INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** ROBERTO CARLOS CALVA MONTOYA;

ANDRÉS EDUARDO FLORES DÍAZ

**DIRECTOR:** Ing. Paúl Montufar

RIOBAMBA-ECUADOR

2020

**©2020, Roberto Carlos Calva Montoya; Andrés Eduardo Flores Díaz**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, ROBERTO CARLOS CALVA MONTOYA Y ANDRÉS EDUARDO FLORES DÍAZ, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 29 de enero de 2020



---

Roberto Carlos Calva Montoya

**2300216567**



---

Andrés Eduardo Flores Díaz

**0604847806**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Trabajo experimental, **OBTENCIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN URBANO PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA EN HORAS PICO Y NO PICO MEDIANTE LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS FACTORES DE OPERACIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO OBTENIDO POR UN DISPOSITIVO OBD II**, realizado por los señores: **ROBERTO CARLOS CALVA MONTOYA; ANDRÉS EDUARDO FLORES DÍAZ**, ha sido minuciosamente revisados por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. José Francisco Pérez Fiallos

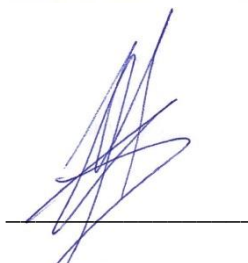
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



23-01-2020.

Ing. Paúl Alejandro Montúfar Paz

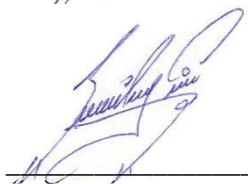
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**



23-01-2020.

Ing. Javier José Gavilanes Carrión

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**



23-01-2020.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación lo dedico, primeramente, a Dios; es el ente divino que me guía todos los días, observa mis acciones y me corrige.

Mis padres, fuente incondicional de afecto emocional, único que ellos pueden otorgar.

Mis hermanos y amigos que permitieron el desarrollo de mis conocimientos durante la presente carrera y contemplan las acciones que realizo en base de fundamentos que ellos me han ayudado consolidar.

**ROBERTO**

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y sobre todo por darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener mi título profesional.

A mis familiares, amigos y futuros colegas que me acompañaron en esta etapa aportando a mi formación técnica y humana, por su apoyo incondicional, consejos y palabras de aliento que me ayudaron a ser una mejor persona.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años y a sus docentes por su generoso aporte a lo largo de cada semestre que permitieron formar en mí un conocimiento invaluable.

**ANDRÉS**

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecimiento, primero a Dios, a mis padres, amigos, que hicieron lo posible para que hoy en día pueda realizar este trabajo. Los buenos y malos consejos siempre fueron el pan de todos los días en la sociedad, y gracias al grupo de personas que denomino importante, pude salir adelante.

Un especial agradecimiento a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz que son unos pilares en la educación superior, en especial, al ingeniero Paúl Montúfar, que con mucha responsabilidad y decisión decidió ayudarnos a realizar el trabajo de titulación. El ingeniero Javier Gavilanes por la confianza otorgada, y la dedicación prestada en este tema.

Sin dejar a un lado a la ingeniera María Elena Calva, persona que ha sido hermana, guía, amiga en mi época estudiantil.

**ROBERTO**

Agradezco a mi familia por ser los pilares y promotores de este sueño, por confiar y creer en los pasos que se fueron dando durante todo este proceso, por los valores y principios que me han infundido guiándome hasta donde estoy.

Agradezco también a nuestros docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por compartir sus conocimientos a lo largo de la carrera y de manera especial al Ing. Paúl Montúfar, nuestro tutor, quien ha guiado con paciencia e integridad nuestro proyecto de investigación.

Y un profundo agradecimiento a todas las personas que nos apoyaron y han hecho que este trabajo se realice con éxito, desde amigos y familiares que nos abrieron las puertas para permitirnos realizar esta investigación.

**ANDRÉS**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1	Antecedentes .....	2
1.2	Planteamiento del Problema.....	3
1.2.1	<i>Formulación de problema de investigación</i> .....	3
1.2.2	<i>Delimitación del problema</i> .....	3
1.3	Justificación .....	4
1.3.1	<i>Justificación teórica</i> .....	4
1.3.2	<i>Justificación metodológica</i> .....	4
1.3.3	<i>Justificación práctica</i> .....	4
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	<i>Objetivo General</i> .....	4
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.5	Hipótesis .....	5
1.5.1	<i>Hipótesis Nula (Ho):</i> .....	5
1.5.2	<i>Hipótesis alternativa (Hi):</i> .....	5

## CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO... ..	6
2.1	Motor de combustión interna (MCI) .....	6
2.1.1	<i>Termodinámica de la combustión</i> .....	7
2.1.2	<i>Ciclo Termodinámico del motor Otto</i> .....	8
2.1.3	<i>Emisiones contaminantes</i> .....	9
2.1.4	<i>Control de emisiones contaminantes</i> .....	10
2.1.5	<i>Eficiencia energética del motor de combustión interna</i> .....	11

<b>2.2</b>	<b>Ciclos de conducción.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Ciclo de conducción para Estados Unidos .....</i></b>	<b>12</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Ciclo de conducción para la Unión Europea .....</i></b>	<b>14</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Ciclo de conducción JC08 .....</i></b>	<b>16</b>
<b>2.2.4</b>	<b><i>Ciclo de conducción en el Distrito Metropolitano de Quito .....</i></b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Metodología para desarrollar ciclos de conducción .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Técnicas de instrumentación para el desarrollo de los ciclos .....</i></b>	<b>20</b>

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Esquema investigativo .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Enfoque de la investigación.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Tipo de investigación .....</b>	<b>23</b>
<b>3.4</b>	<b>Desarrollo .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.1.</b>	<b><i>Información preliminar .....</i></b>	<b>24</b>
<b>3.4.2.</b>	<b><i>Obtención de ciclo de conducción por microciclos .....</i></b>	<b>26</b>

### **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Ciclo de conducción para vehículos de prueba .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Ciclo de conducción en vehículos 1200-1300cc .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Ciclo de conducción en vehículos 1400-1600cc .....</b>	<b>36</b>
<b>4.4</b>	<b>Ciclo de conducción en vehículos 2000cc.....</b>	<b>38</b>
<b>4.5</b>	<b>Datos específicos de los ciclos de conducción .....</b>	<b>40</b>
<b>4.6</b>	<b>Consumo de combustible en el ciclo de conducción.....</b>	<b>40</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
--------------------------	-----------

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
-----------------------------	-----------

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Características de conducción en el mundo.....	12
<b>Tabla 2-2:</b>	Comparación de tipos de ciclo de conducción. ....	16
<b>Tabla 3-2:</b>	Comparación de técnica On-Board y persecución de vehículos.....	21
<b>Tabla 1-4:</b>	Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos de prueba .....	34
<b>Tabla 2-4:</b>	Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos.....	35
<b>Tabla 3-4:</b>	Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos.....	37
<b>Tabla 4-4:</b>	Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos de 2000cc.....	39
<b>Tabla 5-4:</b>	Datos específicos de los ciclos de conducción .....	40
<b>Tabla 6-4:</b>	Consumo de combustible en el ciclo de conducción, en todos los vehículos .....	41
<b>Tabla 7-4:</b>	Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. ....	42
<b>Tabla 8-4:</b>	Consumo de combustible en el ciclo de conducción .....	42
<b>Tabla 9-4:</b>	Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. Muestra: 1200-1300cc.....	43
<b>Tabla 10-4:</b>	Consumo de combustible en el ciclo de conducción .....	44
<b>Tabla 11-4:</b>	Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. Muestra: 1400-1600cc.....	45
<b>Tabla 12-4:</b>	Consumo de combustible en el ciclo de conducción, en vehículos 2000cc .....	45
<b>Tabla 13-4:</b>	Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. Muestra: 2000cc .....	46
<b>Tabla 14-4:</b>	Comparación del consumo de combustible en ciclos de conducción .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1- 2.</b>	Motor de combustión interna .....	6
<b>Figura 2- 2.</b>	Esquema básico del MCI .....	7
<b>Figura 3- 2.</b>	Ciclo Otto .....	8
<b>Figura 4- 2.</b>	Vehículos matriculados en Ecuador. Año 2016 .....	9
<b>Figura 5- 2.</b>	Emisiones anuales de CO2 en Ecuador .....	10
<b>Figura 6- 2.</b>	Eficiencia del MCI .....	11
<b>Figura 7- 2.</b>	Ciclo de ensayo FTP 72 .....	13
<b>Figura 8- 2.</b>	Ciclo de ensayo FTP 75 .....	13
<b>Figura 9- 2.</b>	Ciclo de prueba IM-240 .....	14
<b>Figura 10- 2.</b>	Ciclo de conducción NEDC .....	15
<b>Figura 11- 2.</b>	Ciclo de ensayo ARTEMIS en vía urbana (superior) y rural (inferior) .....	15
<b>Figura 12- 2.</b>	Ciclo ARTEMIS autopista .....	15
<b>Figura 13- 2.</b>	Ciclo de conducción TRAMAG UG 2014 .....	16
<b>Figura 14- 2.</b>	Ciclo de conducción JC08 .....	17
<b>Figura 15- 2.</b>	Ciclo de conducción para el DMQ en la ciudad .....	17
<b>Figura 16- 2.</b>	Ciclo de conducción para el DMQ para carretera .....	18
<b>Figura 17- 2.</b>	Ciclo de conducción combinado para el DMQ .....	18
<b>Figura 18- 2.</b>	Ciclo de conducción FTP 75 .....	19
<b>Figura 19- 2.</b>	Ciclo de conducción NEDC .....	19
<b>Figura 20- 2.</b>	Metodología directa para desarrollo de ciclos de conducción. ....	20

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfico 1-3.</b>	Gráfico de flujo de combustible OBD II & Cálculo .....	32
<b>Gráfico 1-4.</b>	Ciclo de conducción para vehículos de prueba.....	33
<b>Gráfico 2-4.</b>	Ciclo de conducción para vehículos 1200-1300cc.....	35
<b>Gráfico 3-4.</b>	Ciclo de conducción para vehículos 1400-1600cc.....	37
<b>Gráfico 4-4.</b>	Ciclo de conducción para vehículos 2000cc.....	38
<b>Gráfico 5-4.</b>	Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad.....	42
<b>Gráfico 6-4.</b>	Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad.....	43
<b>Gráfico 7-4.</b>	Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad.....	44
<b>Gráfico 8-4.</b>	Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad. En 2000cc .....	46

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

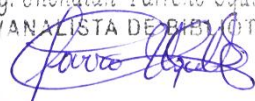
- ANEXO A** Ruta de conducción de vehículo 1300cc. Vista GPS de “Torque Pro”
- ANEXO B** Ruta de conducción de vehículo 1500cc. Vista GPS de “Torque Pro”
- ANEXO C** Ruta de conducción de vehículo 1300cc. Vista GPS de “Torque Pro”
- ANEXO D** Etapas de la construcción del ciclo de conducción de la ciudad de Riobamba

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue realizar el ciclo de conducción ideal para la ciudad Riobamba mediante la obtención de factores de operación de motores de combustión interna para reproducir el consumo de combustible segundo a segundo de vehículos livianos e identificar el perfil de conducción en la ciudad. Se realizaron pruebas en ruta, un total de 146 en 10 vehículos. En la obtención de datos en rutas, se eligió diferentes parámetros a monitorizar mediante el software de teléfonos, “Torque Pro”. Mediante el método de microciclos, se obtuvo un número de 806 microciclos, a partir del número total de rutas, considerando la velocidad inicial y final igual a cero, tomando en cuenta los tiempos de ralentí. Se clasificó el número de vehículos por su cilindrada. Se procedió a realizar una filtración por la herramienta conglomerados de Minitab. Para la elección final de microciclos, se realizó una filtración aleatoria de microciclos que se acercan al rango de la velocidad promedio con una tolerancia de 5% en los microciclos en estudio. La longitud del ciclo de conducción debe estar en 800 segundos con tolerancia de 60 segundos. Se obtuvo 4 ciclos de conducción para automóviles de diferente cilindrada. Con un rango de 9 a 17,5 L/100km instantáneos. Se expresó mediante los ciclos de conducción urbanos, que la ciudad de Riobamba presenta una conducción lenta pero agresiva, con una tasa elevada de consumo de combustible por sus tiempos en velocidades menores a 20 km/h. Se sugiere hacer más estudios referentes al consumo de combustible con respecto al tráfico de la ciudad, y tomar en cuenta estas interpretaciones para tener nuevas alternativas que controlen el gasto energético de los automóviles que transitan en la ciudad.

REVISADO

21 ENE 2020

Ing. Jhonatan Parreño Ugualas, M.C.  
(ANALISTA DE BIBLIOTECA)  


**PALABRAS CLAVES:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CICLO DE CONDUCCIÓN>, <VEHÍCULOS LIVIANOS>, <FACTORES DE OPERACIÓN>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>

## ABSTRACT

The purpose of this investigation was to carry out the ideal driving cycle for Riobamba City by obtaining internal combustion engine operation factors to reproduce the second to second fuel consumption of light vehicles and identify the driving profile in the town. Conducted road tests gave a total of 146 in 10 vehicles. In obtaining data on routes, choosing different parameters to be monitored using the telephone software, "Torque Pro". With the use of the microcycle method, some 806 microcycles were obtained, from the total number of routes, considering the initial and final speed equal to zero, taking into account the idle times. Their cylinder capacity classified the number of vehicles. Filtration was carried out by the Minitab chipboard tool. The length of the driving cycle must be 800 seconds with a tolerance of 60 seconds. The result was four driving cycles for cars with different cylinder capacity. With a range of 9 to 17,5 L/100km instantaneous. It was expressed through urban driving cycles, that Riobamba City has a slow but aggressive driving, with a high rate of fuel consumption for its times at speeds below 20 km/h. The suggestion is to do more studies regarding fuel consumption concerning city traffic, and to take into account these interpretations to have new alternatives that control the energy expenditure of cars travelling in the city.



**KEYWORDS:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <DRIVING CYCLE>, <SMALL VEHICLES>, <OPERATING FACTORS>, <GAS CONSUMPTION>

## INTRODUCCIÓN

La evolución del campo automotor tiene un crecimiento progresivo a través del tiempo. Lo cual incide que se desarrollen tecnologías automotrices capaces de abastecer la demanda con altos estándares de calidad y amigables con el medio ambiente. Por lo tanto, entidades estatales en países desarrollados establecen políticas y reglamentos basados en el uso racional de los recursos disponibles y que regulan la libre circulación de automotores en beneficio del ecosistema.

Hoy en día, los países de América Latina y el Caribe, en vías del desarrollo económico tienden a apostar a alcanzar mayores niveles de eficiencia energética para alcanzar la sostenibilidad.

Ecuador, dentro de su plan de desarrollo para un buen vivir apunta a una sociedad donde la eficiencia energética juega un rol imprescindible para el desarrollo de la comunidad ecuatoriana. Si más bien, el país aún depende de recursos de combustibles fósiles, es necesario encontrar lineamientos que favorezcan su óptima utilización en el sector automotriz. Es por eso que, la ley de Eficiencia Energética ecuatoriana, tiene focalizado el realizar incentivos a empresas y personas que formulen sistemas más limpios para el transporte.

La disponibilidad de información básica acerca del comportamiento y ruta del automotor permite tener indicadores de eficiencia energética que se adapta a la generación de un ciclo de conducción para evaluar el rendimiento de vehículos en función del consumo de combustible y las emisiones contaminantes hacia el medio ambiente. Muchos países alrededor del mundo estudian el ciclo de conducción de las rutas críticas para establecer un conjunto de procedimientos y normas exigentes sobre las emisiones de escape y a la par con ayuda de la tecnología proponer mecanismos que mitiguen los productos contaminantes de la combustión del vehículo.

Particularmente, en la ciudad de Riobamba, no se dispone de la información pertinente al ciclo de conducción urbano. Siendo, el transporte terrestre una actividad económica estratégica de la ciudad, se propone en la presente investigación experimental obtener el ciclo de conducción de la zona urbana en vehículos livianos a través de la tecnología OBD II. Por lo tanto, con la información obtenida se pretende sentar las bases de investigación para alcanzar una mejor eficiencia energética que a futuro sea útil para establecer una mejor estructura y organización al sistema vehicular urbano riobambeño.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1 Antecedentes**

La creciente conciencia ambiental ha predominado un factor clave y estratégico durante las últimas dos décadas. Esto ha provocado la introducción de regulaciones más estrictas para el control de las emisiones de contaminantes y CO<sub>2</sub> de automóviles. Por lo tanto, la Unión Europea (UE) se ha comprometido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte de carretera en un 60% para 2050 en comparación con los niveles de 1990 (Cubito, y otros, 2017 págs. 1-2)

A nivel mundial los países que pertenecen a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), enfrentan el reto de reducir los efectos del cambio climático y como resultado de consensos y protocolos existe el compromiso de incorporar una mejor flota vehicular que emita en niveles mínimos los gases de efecto invernadero y a la mejora de tecnologías para uso vehicular que permita obtener el mejor rendimiento en el motor del automóvil y que va de la mano con alcanzar una mayor eficiencia energética en vehículos automotrices (CONUEE, 2018 pág. 1)

En la actualidad, las emisiones producidas por automóviles simbolizan la mayor parte de contaminación del mundo. Lo cual desencadena problemas relacionados al calentamiento global y afecciones a la salud de los seres humanos. La mejor forma de controlar las emisiones es tener la información referente a composición, cantidad emitida por kilómetro recorrido, consumo de combustible por galón empleado. Con estos datos es posible realizar un análisis minucioso de los procesos de combustión de los vehículos. Por lo tanto, surge así la necesidad de identificar los ciclos de conducción, los cuales permiten conocer el comportamiento de los vehículos en las vías a través de sus emisiones, así proveen un perfil único de velocidad contra tiempo representativo del perfil de conducción urbano (Hurtado, 2014 pág. 5).

En el contexto internacional, existen entidades tales como Federal Test Procedure (FTP-USA), Transport Research Laboratory (TRL-England), Instituto Nacional de Investigaciones de Transporte y Seguridad (INRETS-Francia) y otros centros de investigación en Latinoamérica que se dedican a desarrollar ciclos de conducción con base del comportamiento del vehículo sobre su trayectoria considerando que los ciclos son únicos para cada sitio por su topografía y políticas que manejan cada institución. Teniendo en cuenta que los parámetros que constituyen el denominador común de estos ciclos de manejo son la velocidad instantánea, duración y trayectoria.



El transporte terrestre refleja una actividad económica estratégica del estado ecuatoriano. El dinámico crecimiento de este sector está regido por la Ley de Tránsito y Transporte Público que extiende su competencia a cada Municipio. El Gobierno Autónomo Descentralizado de Riobamba asume la responsabilidad política y técnica que enfrentan las nuevas tendencias de movilidad. Actualmente, la ciudad se encuentra a una altitud mayor a 2000 msnm y no cuenta con un ciclo de conducción definido que describa el patrón de conducción de un automotor en un sector específico para su análisis y propuesta de una solución energéticamente eficiente en el sistema de tránsito.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

Considerando que los motores de combustión interna transforman la energía química en energía cinética, que generan movimiento al automotor. Idealmente, una buena combustión completa genera: dióxido de carbono, agua y nitrógeno. En el proceso de transformación energética real no sucede por lo que se desprende residuos tóxicos que se producirán en mayor o menor medida dependiendo de la eficiencia con que la mezcla y reacción de los reactivos se lleve a cabo (Montúfar, y otros, 2019 págs. 2-3)

Debido a la falta de estudios técnicos, este proyecto se orienta a determinar el ciclo de conducción ideal mediante pruebas en ruta para determinar el consumo de combustible que presenta un motor de un automóvil a gasolina en una ciudad con una altitud mayor a 2000 msnm.

### ***1.2.1 Formulación de problema de investigación***

¿La recolección de datos de los factores de operación y consumo energético en horas pico y no pico obtenidos por un dispositivo OBD II permitirá generar el ciclo de conducción urbano para la ciudad de Riobamba?

### ***1.2.2 Delimitación del problema***

Objeto de estudio: Ciclo de conducción de vehículos livianos

Campo de Acción: Consumo energético

Límite espacial: Zona urbana de la ciudad de Riobamba (2700 msnm)

Delimitación temporal: Año 2019.

## **1.3 Justificación**

### ***1.3.1 Justificación teórica***

El presente trabajo experimental se realiza con el propósito de determinar el ciclo de conducción de la zona urbana de la ciudad de Riobamba que tiene una altitud mayor de 2000 msnm para sentar las bases de investigación para futuros proyectos que se enfoquen a brindar soluciones que incrementen la eficiencia energética en el sector automotor de la ciudad.

### ***1.3.2 Justificación metodológica***

Por medio de la presente investigación se pretende determinar el consumo de combustible en trayectorias urbanas en vehículos a través de la investigación de campo y los procedimientos definidos en el método directo para desarrollar el ciclo de conducción respectivo.

### ***1.3.3 Justificación practica***

El trabajo experimental se justifica prácticamente mediante la elaboración de diferentes ciclos de conducción en 10 vehículos que realizan diferentes rutas planteadas por el investigador sobre la ciudad. Los resultados serán analizados en función del método de microciclos que a través de sucesión y elección de microciclos, genera un ciclo de conducción, el cual representa a las curvas experimentales de los trayectos en ruta.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Obtener el ciclo de conducción urbano en la ciudad de Riobamba en horas pico y no pico mediante la recolección de datos de los factores de operación por un dispositivo OBD II para obtener el consumo energético en la ruta segundo a segundo.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Fundamentar los principios de consumo de combustible, ciclo de conducción mediante una labor investigativa para conceptualizar correctamente dichos parámetros.
- Utilizar un dispositivo OBD II para obtener los datos de presión de entrada del aire en la admisión, temperatura del motor, cantidad de consumo de combustible y lectura de GPS.
- Construir un ciclo de conducción urbano ideal para la ciudad de Riobamba mediante recolección de datos por rutas urbanas para obtener la capacidad de reproducir el consumo segundo a segundo en el ciclo de conducción.

- Determinar los niveles de consumo de combustible que se está generando en los motores de los vehículos que transitan en la ciudad de Riobamba, con altitud mayor a 2000msnm, mediante un dispositivo OBD II para evidenciar el gasto energético en el ciclo de conducción de la ciudad.
- Determinar los instantes del ciclo de conducción donde el consumo de combustible es elevado mediante el análisis de datos para concluir el perfil de conducción que mantiene la ciudad de Riobamba.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipótesis Nula ( $H_0$ ):***

El ciclo de conducción urbano en la ciudad de Riobamba no permite obtener el consumo energético en la ruta segundo a segundo.

### ***1.5.2 Hipótesis alternativa ( $H_i$ ):***

El ciclo de conducción urbano en la ciudad de Riobamba permite obtener el consumo energético en la ruta segundo a segundo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Motor de combustión interna (MCI)

Es un tipo de máquina que a partir de la energía química de un combustible obtiene energía mecánica, tal como se aprecia en la figura 1-2. El proceso de combustión se produce dentro de la máquina (Freire, 2013 pág. 4)



**Figura 1- 2.** Motor de combustión interna

**Realizado por:** (Ecured, 2019)

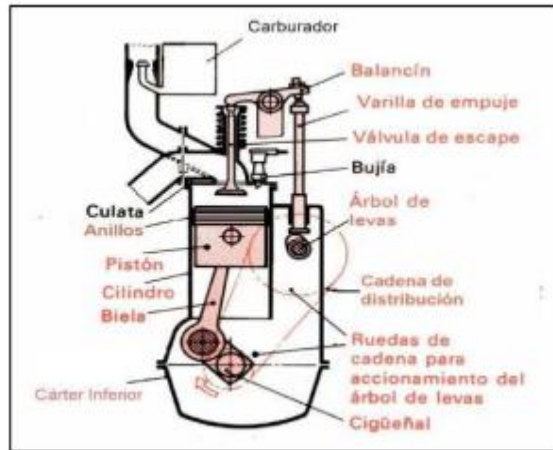
Se clasifica en ciclo Otto y diésel acorde a su funcionamiento. El motor ciclo Otto puede clasificarse en:

- Gasolina
- GLP (Gas licuado de petróleo)
- GNC (Gas natural comprimido)
- Etanol

El mecanismo de funcionamiento se basa en la interacción de los elementos que se aprecian en la figura 2-2. Donde el cilindro aloja un pistón que se ajusta a sus paredes mediante unos anillos que evitan que los gases se introduzcan en la parte inferior del motor y contribuyan a la lubricación del motor. El pistón se halla unido a una biela, la cual transmite la fuerza de explosión al codo de un cigüeñal. Con esta interacción el movimiento alternativo del pistón se convierte en un movimiento de rotación mediante el eje del cigüeñal. La parte superior del cilindro se cierra mediante la culata o cabezote, donde se alojan las válvulas que son accionadas por un eje de levas que permiten el ingreso o salida de los gases del cilindro. El eje de levas

recibe el movimiento del cigüeñal a través de una cadena o banda dentada y gira con la mitad de revoluciones que el cigüeñal.

El cuerpo encargado de alojar el mecanismo cilindro-pistón es el bloque cuya parte inferior se sella con el cárter, donde se encuentra el aceite, que tiene la función de lubricar y contiene ductos de refrigeración (Freire, 2013).



**Figura 2- 2.** Esquema básico del MCI

Realizado por: ([https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

El objeto de investigación está enfocado al estudio en vehículos a gasolina.

### 2.1.1 Termodinámica de la combustión

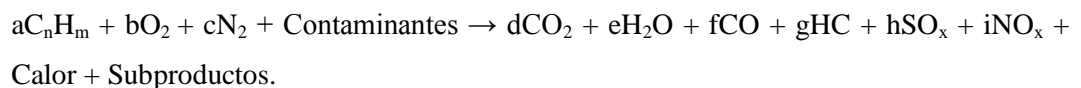
(Recalde, y otros, 2015), explican que el aire está compuesto por nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>), oxígeno molecular (O<sub>2</sub>), vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y argón (Ar). La cantidad de cada uno de estos componentes varía dependiendo de la situación geográfica y condiciones meteorológicas.

Los procesos de combustión interna se clasifican en:

- Combustión completa: se genera cuando existe una oxidación total de cada uno de los elementos que conforman el combustible. El balance estequiométrico ideal del octano corresponde a:



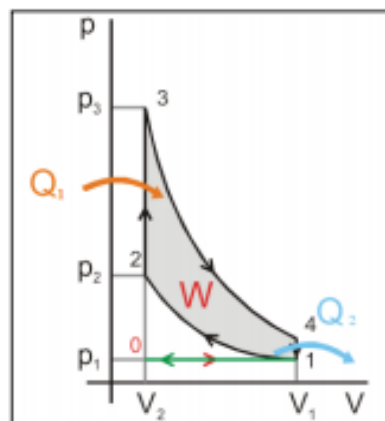
- Combustión incompleta: no se oxida totalmente el combustible y los productos de la combustión varían en función de la cantidad de oxígeno existente. Por ende, se forman sustancias como el monóxido de carbono y corresponde al siguiente balance:



- Combustión teórica: está relacionada con el cálculo de las relaciones cuantitativas entre reactantes y productos del balance. Y depende de la conservación de la masa de cada elemento que forma la combustión.
- Combustión pobre: es la reacción que se produce cuando existe una menor cantidad de combustible en contraste con la cantidad de aire necesaria para la combustión.
- Combustión rica: se obtiene al reaccionar una mínima cantidad necesaria y existe una mayor presencia de combustible en relación al aire requerido para la combustión.

### 2.1.2 Ciclo Termodinámico del motor Otto

Las cuatro operaciones que priman el funcionamiento del motor Otto son: admisión, compresión, expansión y escape; cada operación se efectúa cada  $180^\circ$  y el proceso completo termina en  $720^\circ$ ; la carrera lineal del pistón va desde el punto muerto superior (PMS) hasta el punto muerto inferior (PMI). En la figura 3-2 se puede visualizar la representación del diagrama presión – volumen del ciclo en mención.



**Figura 3- 2.** Ciclo Otto

Realizado por: (Urbina, 2016)

Los procesos termodinámicos para el ciclo Otto comprenden (Urbina, 2016 pág. 2):

- Adiabático o isentrópico (1-2): sin transferencia de calor con el exterior, compresión del fluido de trabajo.
- A volumen constante (2-3): introducción instantánea del calor.
- Adiabático (3-4): expansión
- A volumen constante (4-1): extracción instantánea del calor.

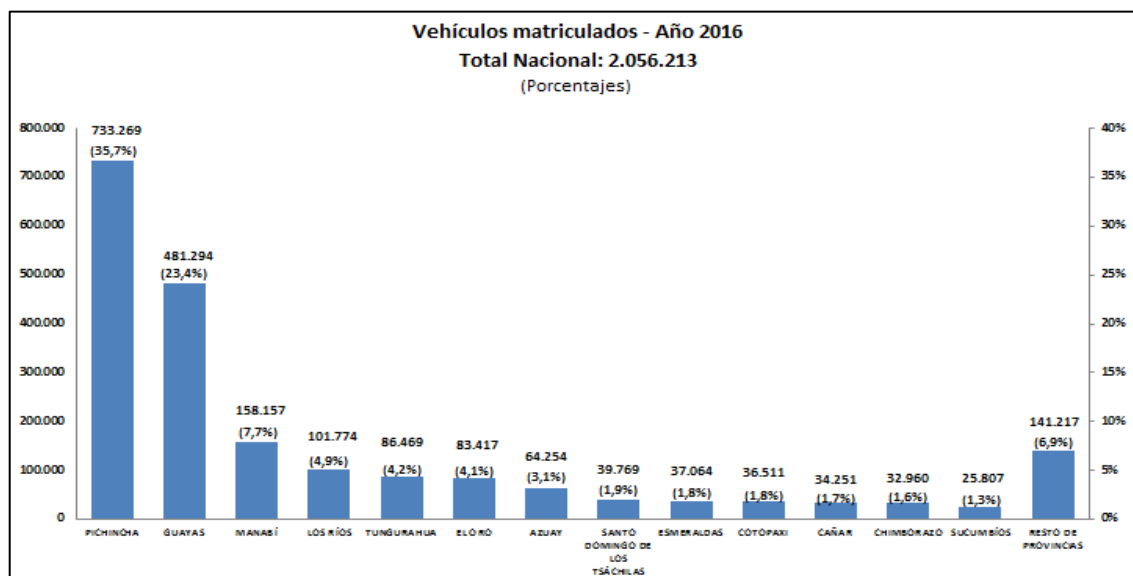
### 2.1.3 Emisiones contaminantes

(Lincango, y otros, 2019 págs. 12-14), indican que en el motor de combustión ciclo Otto se produce una combustión incompleta, la cual provoca gases contaminantes que afectan a la salud humana. Los gases generados en la reacción se clasifican en:

- Tóxicos: Los gases de escape comprenden: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), ozono (O<sub>3</sub>) y óxido de azufre (SO).
- Inofensivos: Oxígeno molecular (O<sub>2</sub>), Nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a niveles de 2000 ppm y Agua (H<sub>2</sub>O).

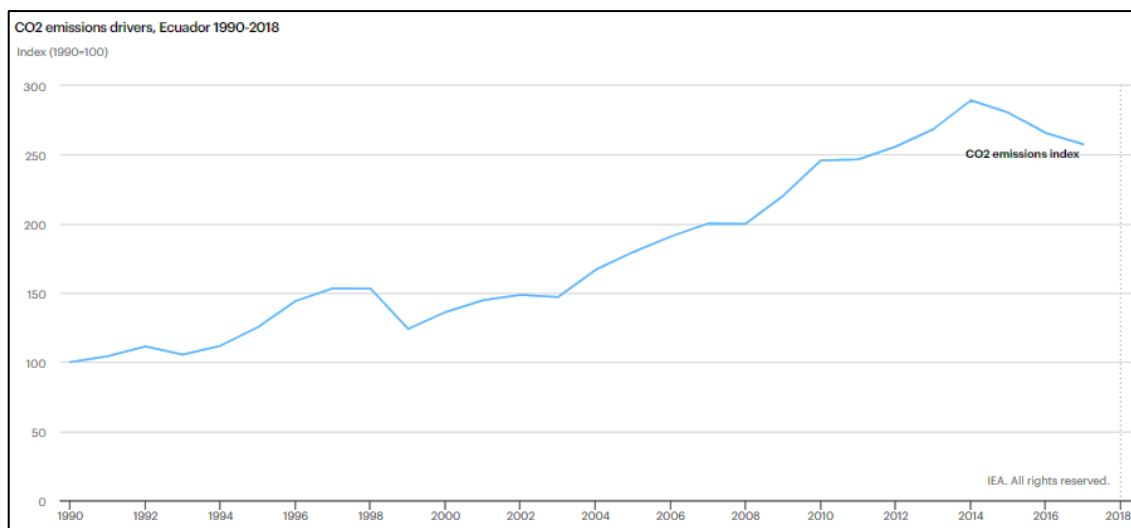
(INEC, 2016), indica que en el año 2016, el Ecuador ha matriculado un total de 2 056 213 vehículos, en el cual, la provincia de Chimborazo (Riobamba como cabecera cantonal) registra 32 960 vehículos matriculados, ver figura 4-2.

(IEA, 2020), organización con sede en Francia, publica anualmente un análisis de emisiones según el nivel de uso de energía, manifiesta que existe una emisión de 289,3 kilo-toneladas (kt) de CO<sub>2</sub> en el año 2014 por parte de la combustión de combustible en los vehículos en el Ecuador, ver figura 5-2.



**Figura 4- 2.** Vehículos matriculados en Ecuador. Año 2016

Realizado por: (INEC, 2016)



**Figura 5- 2.** Emisiones anuales de CO2 en Ecuador

Realizado por: (IEA, 2020)

#### 2.1.4 Control de emisiones contaminantes

(Urbina, 2016 págs. 12-16), señala que los sistemas de control de emisiones de escape se han creado con el propósito de minimizar los elementos contaminantes producidos por el automotor en el ciclo de combustión y son:

- Ignición electrónica: consiste en un sistema electrónico que interrumpe la corriente del primario de la bobina para generar por autoinducción la alta tensión que requiere la bobina.
- Control de combustión (sensor de oxígeno): consiste en un sensor alojado a la salida del escape del motor que censa los gases de combustión y retroalimenta constantemente a la unidad de control del motor que adecua la mezcla aire-combustible acorde al estado de funcionamiento del vehículo.
- Unidad electrónica de control: está conformada por una unidad de control asociada a sensor MAP, sensor de posición del acelerador, sensor de temperatura y oxígeno y otros, que monitoriza y determina las cantidades adecuadas de cantidad de combustible, punto de ignición y demás parámetros.
- Sistema de inyección adicional de aire en el escape: se encarga de inyectar aire fresco dentro del múltiple de escape del motor reduciendo los productos incompletos de la combustión.
- Sistema de ventilación positiva del cárter (PCV): está compuesto por una válvula PVC, que extrae los gases del cárter. La válvula se ubica en la tapa de las válvulas y se comunica directamente con el múltiple de admisión y trabaja en función de la carga del múltiple. Es así como una cantidad de los gases que fluyen hacia el múltiple de admisión

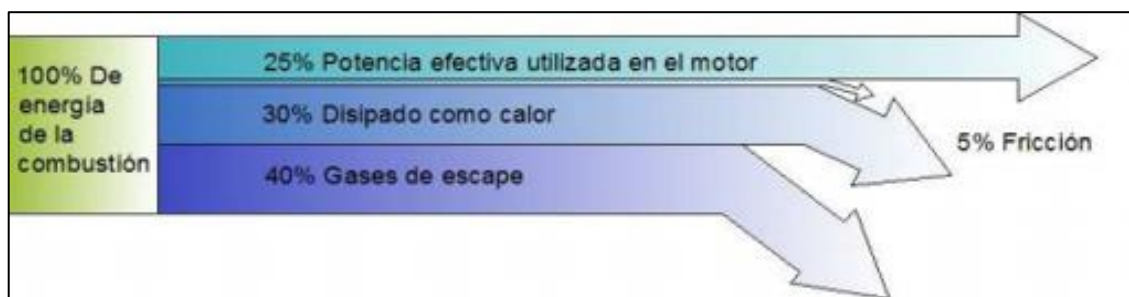


son parte de los gases del cárter del motor, los mismos que son empleados para la combustión y reducen las emisiones nocivas de los gases.

- Sistema de emisiones evaporativas (EVAP): este sistema se encarga de coleccionar los gases que se forman cuando el combustible está almacenado en el tanque. Los gases son llevados por medio de un conjunto de válvulas hacia el canister de carbono para su almacenamiento hasta ser purgados hacia el motor para su combustión.
- Sistema de recirculación de gases de escape (EGR): su finalidad es reducir las emisiones de óxido de nitrógeno, introduciendo los gases del escape dentro de la cámara de combustión a través de una válvula de recirculación de los gases entre el escape y el múltiple de admisión. Por lo tanto, disminuye los picos de temperatura en la combustión.
- Convertidor catalítico: este dispositivo funciona idealmente entre 400° y 700°, se encarga de transformar los gases contaminantes por medio de la técnica de la catálisis en gases inertes y reducir los elementos nocivos.

### 2.1.5 Eficiencia energética del motor de combustión interna.

(Freire, 2013 pág. 14), indican que un MCI alimentado por gasolina, no logra alcanzar el 100% de la eficiencia térmica. El 30% de la energía calórica que contienen se transforma en movimiento y lo restante se disipa hacia la atmósfera. El diagrama Sankey de la figura 6-2 nos permite apreciar el balance de la energía de ingreso y de salida.



**Figura 6- 2.** Eficiencia del MCI

Realizado por: ([https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

## 2.2 Ciclos de conducción

El ciclo de conducción del vehículo es una serie de puntos de datos que representan la velocidad de un vehículo frente al tiempo. Este ciclo refleja la condición de trabajo real de un automotor en condiciones de tráfico específicas, se trata de una evaluación razonable desde la perspectiva económica y de emisiones del vehículo (Quin, y otros, 2011)

Los ciclos de conducción son una herramienta estadística que genera un perfil de velocidad contra tiempo, siendo información estratégica para la industria automotriz y las entidades que se

encargan de crear políticas a favor de mitigar las emisiones hacia el ambiente. Es así como muchos países desarrollados como: Japón, Estados Unidos de América, Australia, la Unión Europea, China, México y otros nos permiten referenciar y analizar los ciclos más representativos y además de ser apoyo metodológico para replicar en los demás países en vía al desarrollo.

En China continental y la India, la densidad de los vehículos en la carretera suele ser mayor y los sistemas de gestión de tráfico son menos avanzados que en otros países, por lo cual, sus aceleraciones promedio son elevadas (A framework for developing driving Cycles with On-Road Driving Data, 2010), como se lo expresa en la tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Características de conducción en el mundo

<b>Zona Geográfica del CC</b>	<b>Velocidad media (Km/h)</b>	<b>Aceleración Promedio Positiva (m/s<sup>2</sup>)</b>
Asia	27,8	0,727
Estados Unidos	36,2	0,507
Australia	35,4	0,630
Europa	41,7	0,464

**Fuente:** (A framework for developing driving Cycles with On-Road Driving Data, 2010)

**Realizado por:** Autores

Una comparación de ciclos de conducción entre los continentes de Asia y Europa, determinó que el continente asiático presenta la conducción más lenta pero más agresiva, mientras el europeo es más rápido pero más suave. (A framework for developing driving Cycles with On-Road Driving Data, 2010)

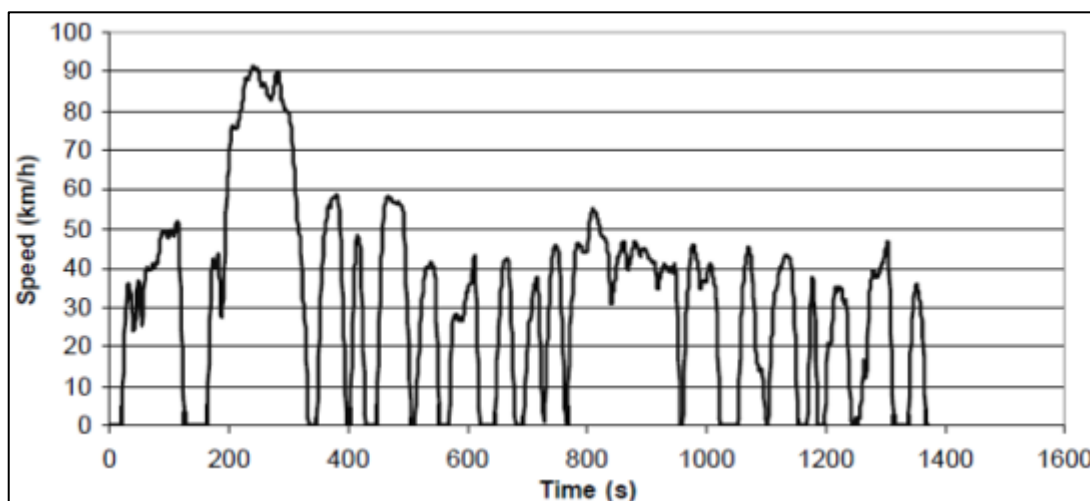
### **2.2.1 Ciclo de conducción para Estados Unidos**

(Hurtado, 2014 págs. 9-10), señala que los ciclos de este país son denominados Federal Test Procedure (FTP), son de índole gubernamental y fueron creados por darle una regulación a los inventarios de emisiones y consumo de combustible de los vehículos livianos. Estos ciclos fueron originados en los Ángeles en un viaje de rutina de casa al trabajo por la mañana a mediados del año 1960 en un vehículo Chevrolet 1964, siendo los parámetros medidos: velocidad del vehículo, presión en el múltiple de admisión y giro de motor. Fue una ruta de 12 millas y se nombró “LA4”. Así también sobresalen los ciclos:

- FTP 72: se lo conoce también como “Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS)”. Simula un trayecto urbano de 12.07km con paradas frecuentes, la velocidad máxima y promedio corresponde a: 91.26km/h y 31.6km/h, respectivamente. Posee dos fases en el

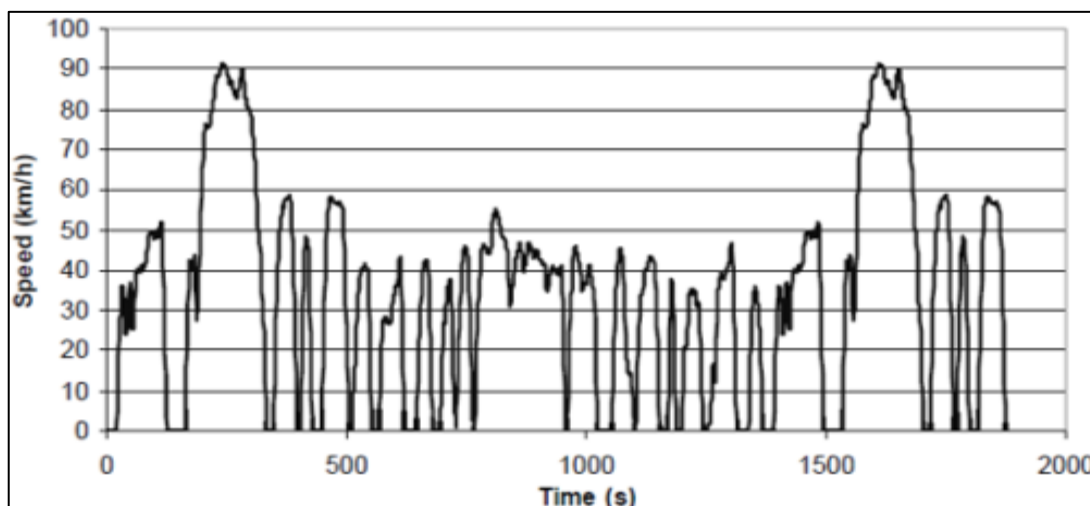
tiempo de: 505s (arranca desde un estado frío, avanza 5.78km a 31.6km/h promediadamente) y a 867s. Este ciclo se conoce en Australia como ADR 27 (Australian Design Rules) y en Suecia como A10 o CVS (Constant Volume Sampler), ver figura 5-2.

- FTP 75: se deriva del FTP 72, ver figura 8-2, categorizando las siguientes fases:
  - i. Fase de arranque en frío (a 20-30°C) de 0 a 505s.
  - ii. Fase estabilizada. 506s – 1372s.
  - iii. En remojo en caliente (mínimo 540s, máximo 660s).
  - iv. Fase de arranque en caliente de 0-505s.



**Figura 7- 2.** Ciclo de ensayo FTP 72

Realizado por: ( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

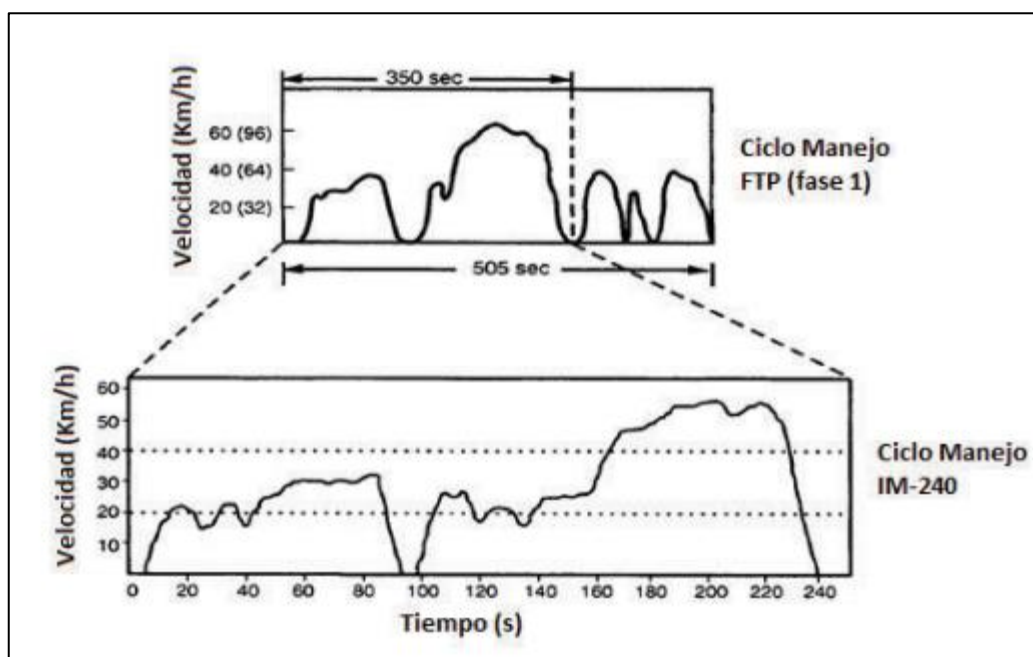


**Figura 8- 2.** Ciclo de ensayo FTP 75

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

- Prueba americana IM-240: esta prueba se realiza sobre dinamómetros en 240s. Este ciclo es de tipo transitorio y sirve para la medición y registro de emisiones en vehículos

livianos en movimiento, sin velocidad constante, en un ciclo de 3.2km de recorrido donde experimenta aceleraciones y desaceleraciones, ver figura 9-2 (Recalde, y otros, 2015).



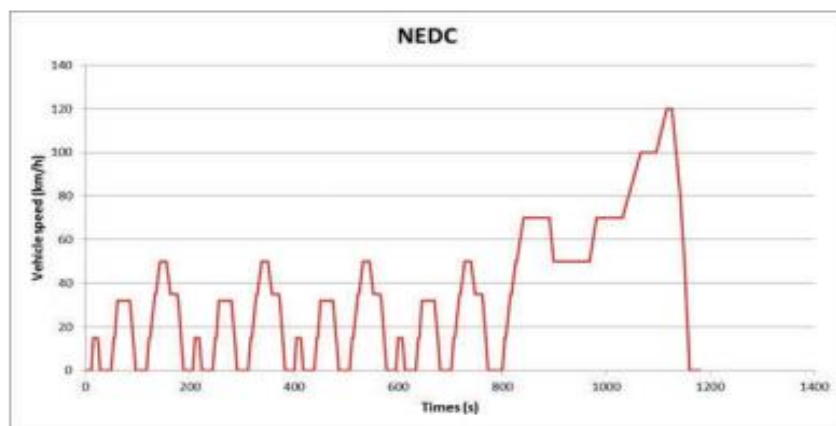
**Figura 9- 2.** Ciclo de prueba IM-240

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

### 2.2.2 Ciclo de conducción para la Unión Europea

(Quinchimbila, y otros, 2017 págs. 6-9), manifiestan que investigadores europeos de Volkswagen evaluaron la adaptación del ciclo FTP 75 a las condiciones de tráfico de Europa. Se llevó a cabo el análisis de parámetros como son frecuencia de paros, duración y longitud del trayecto, llegando a la conclusión de que este ciclo americano no se acopla al europeo. Al contrario, el FTP 72 tiene similitud del tráfico promedio con las condiciones europeas. A continuación, se indica los ciclos representativos:

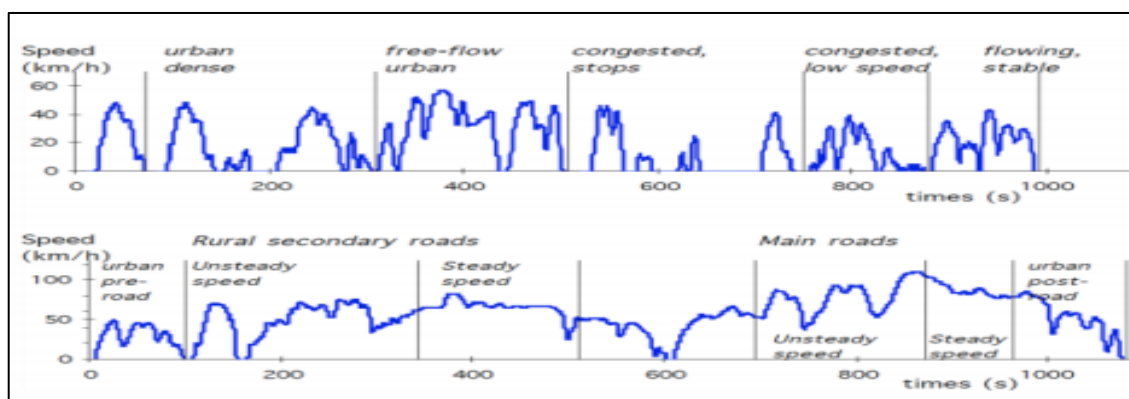
- Ciclo de conducción New European Driving Cycle (NEDC): se aplica como referencia para homologar vehículos hasta norma Euro 6 y otros países. Este ciclo no representa las condiciones reales de conducción, ya que presenta aceleraciones suaves, eventos de inactividad y cruceros de velocidad constante. Es por ello, que las autoridades europeas buscan reemplazar este ciclo y que satisfagan las características de distancia de 11.023km, duración 1180s y velocidad promedio de 33.6km, ver figura 10-2.



**Figura 10- 2.** Ciclo de conducción NEDC

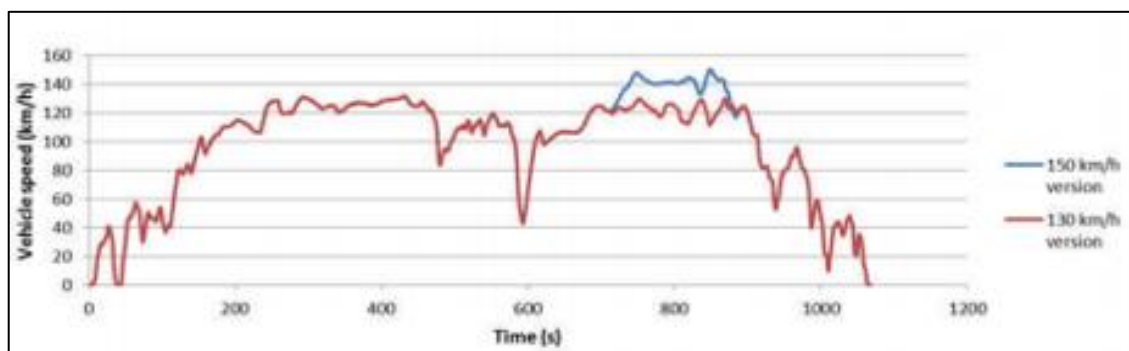
Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

- Ciclo ARTEMIS: está elaborado bajo tres configuraciones diferentes basado en estudios estadísticos. Estos ciclos son empleados por los fabricantes de vehículos para interpretar de mejor manera las condiciones reales de conducción. Tal como se representa en las figuras: 11-2 y 12-2 y tabla 2-2.



**Figura 11- 2.** Ciclo de ensayo ARTEMIS en vía urbana (superior) y rural (inferior)

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))



**Figura 12- 2.** Ciclo ARTEMIS autopista

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

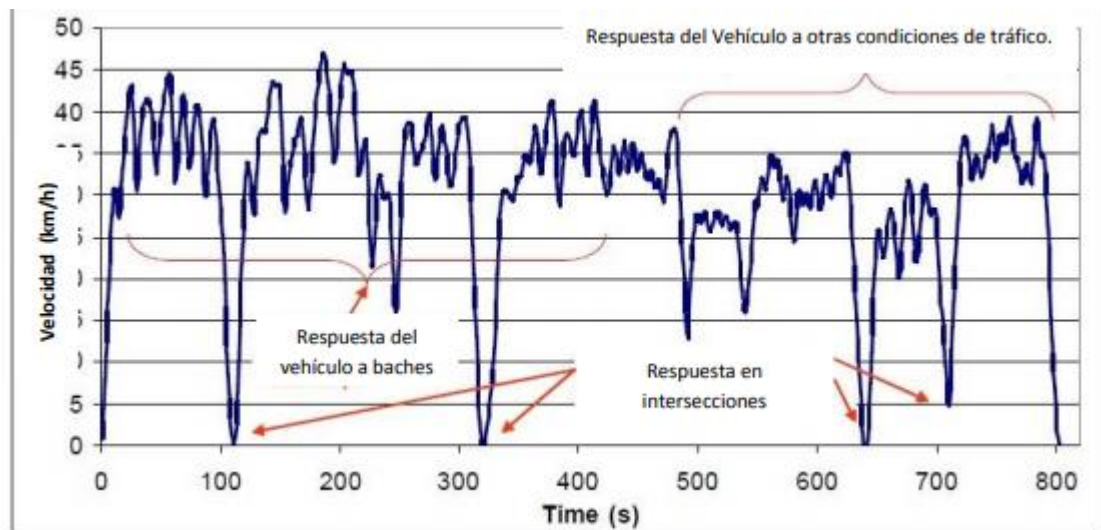
**Tabla 2-2:** Comparación de tipos de ciclo de conducción.

	Urbano	Rural	Autopista 150km/h	Autopista 130km/h
Distancia (km)	4870	17272	29545	28735
Duración (s)	993	1082	1068	1068
Velocidad promedio (km/h)	17.6	57.5	99.6	96.9

**Fuente:** (Duque 2012, p. 4)

**Realizado por:** Autores

- TRAMAQ UG 214: contiene información de datos tomados directamente de automotores en su uso regular en ruta, ver figura 13-2 (Hurtado, 2014 págs. 11-12).

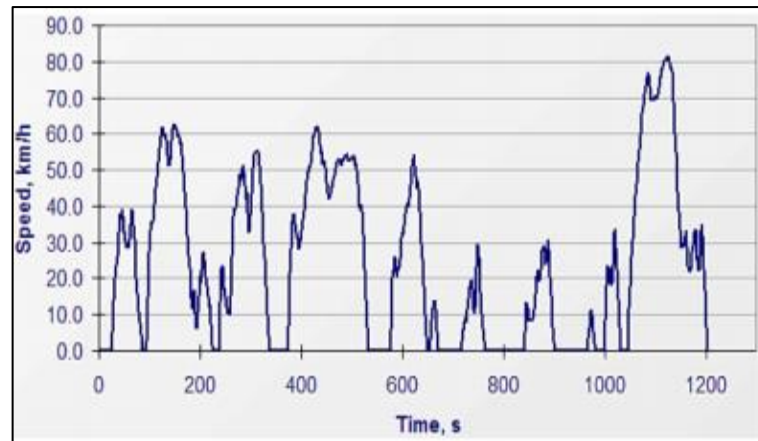


**Figura 13- 2.** Ciclo de conducción TRAMAG UG 2014

**Realizado por:**( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

### 2.2.3 Ciclo de conducción JC08

Es un ciclo desarrollado en Japón en un dinamómetro de chasis. Tiene una duración de 1204s, velocidad máxima de 81.6km/h y 8.171km de distancia, ver figura 14-2 (Gálvez, y otros, 2016 pág. 17).

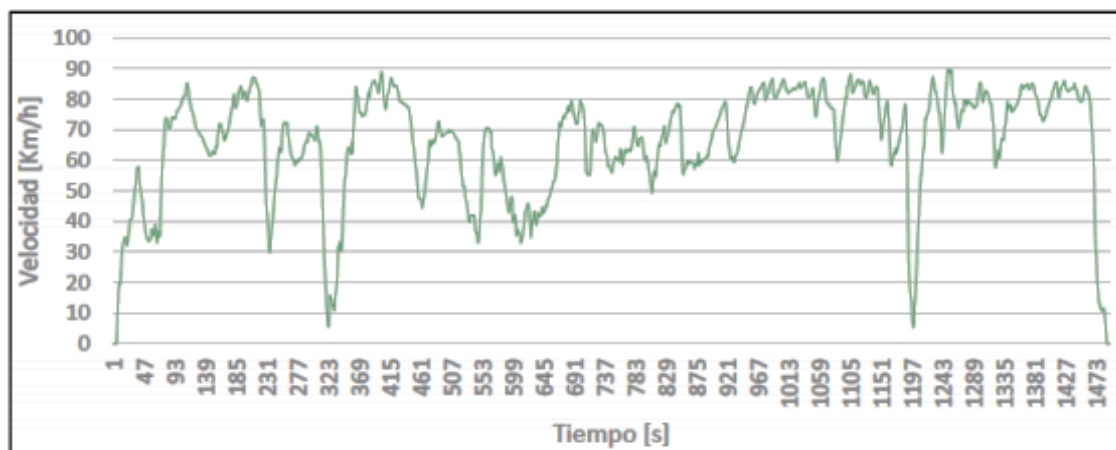


**Figura 14- 2.** Ciclo de conducción JC08

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

#### 2.2.4 *Ciclo de conducción en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) – Ecuador*

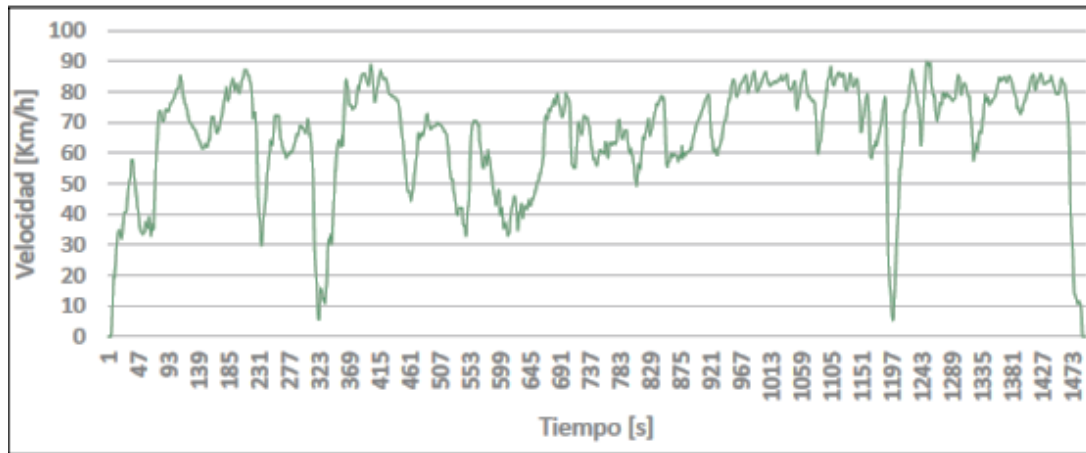
Se realizaron tres ciclos aplicados a: ciudad (sentido sur-norte), carretera (sentido norte-sur) y combinado (sentido este-oeste). Fueron realizados bajo condiciones reales de manejo en las rutas de mayor tráfico con una trayectoria de 1325.84km en 59 horas de conducción, ver figuras 15-2, 16-2 y 17-2 (Pérez, y otros, 2018 pág. 18)



**Figura 15- 2.** Ciclo de conducción para el DMQ en la ciudad

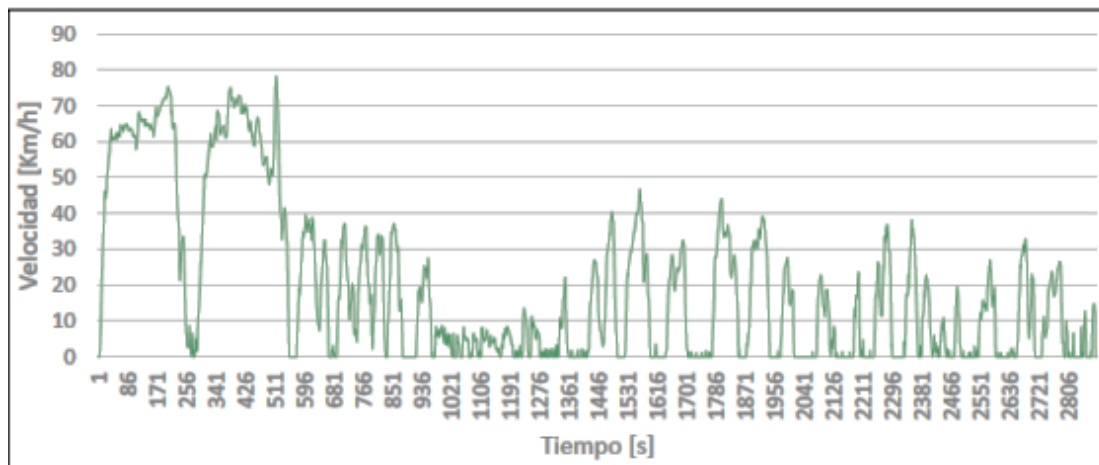
Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))





**Figura 16- 2.** Ciclo de conducción para el DMQ para carretera

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))



**Figura 17- 2.** Ciclo de conducción combinado para el DMQ

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

En el Ecuador, la Normativa INEN 2204 y 2207 se fundamentan en los ciclos americanos FTP 75 y ciclos europeos ECE EUDC 15 (Pérez, y otros, 2018 pág. 22).

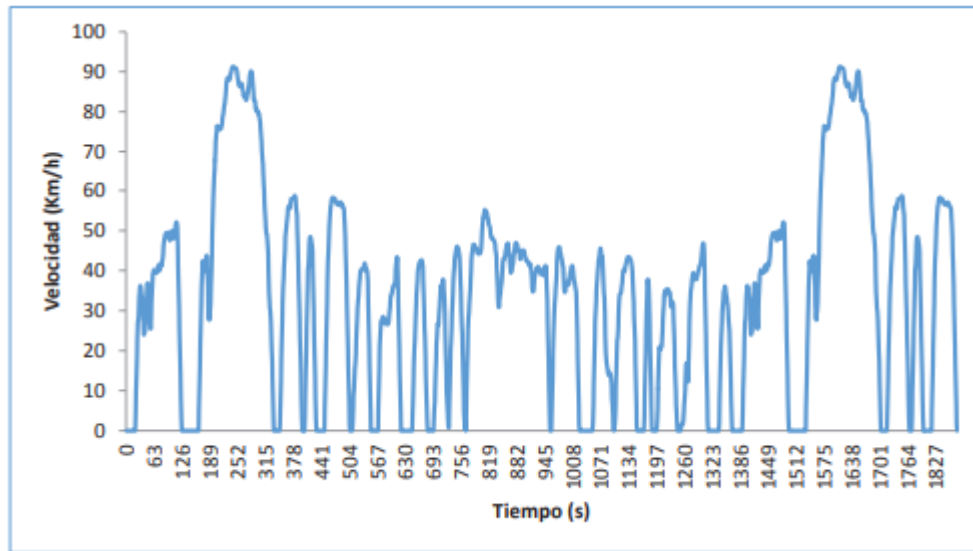
### 2.3 Metodología para desarrollar ciclos de conducción

(Quinchimbila, y otros, 2017 págs. 26-27), indican que existen los siguientes métodos:

- Directos: hace referencia a la adquisición de valores de velocidad con respecto al tiempo de forma repetitiva sobre una ruta preestablecida generando así curvas experimentales por cada viaje para posteriormente hacer el análisis estadístico y obtener el ciclo representativo de la trayectoria definida, ver figura 18-2.
- Indirectos: se fundamenta en el procesamiento inicial de datos para construir un ciclo de conducción representativo. Así también, se vale de la recolección de curvas

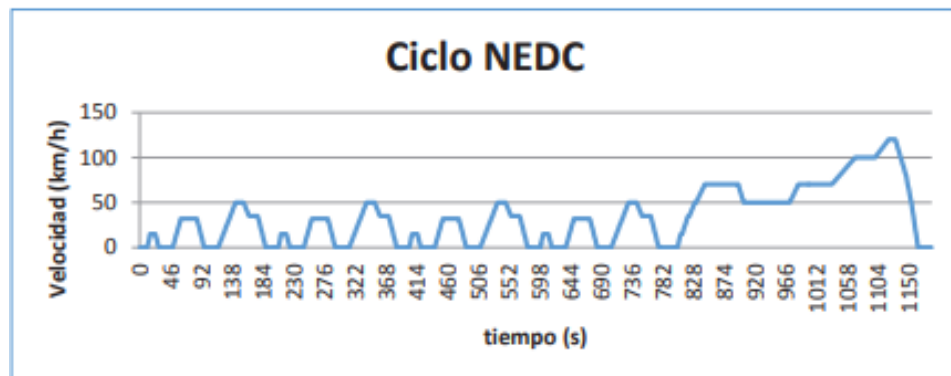


experimentales para hacer un análisis sobre conglomerados y determinar el patrón de conducción que predomina el ciclo de conducción repetitivo, ver figura 19-2.



**Figura 18- 2.** Ciclo de conducción FTP 75

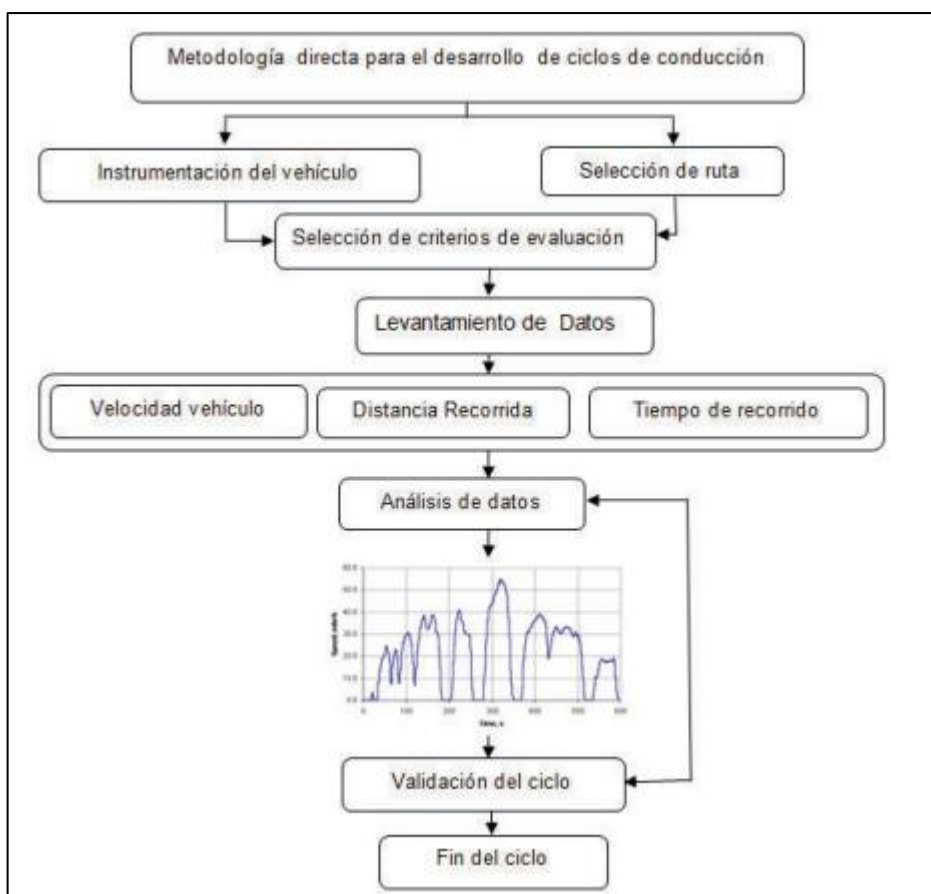
Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))



**Figura 19- 2.** Ciclo de conducción NEDC

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

Para este trabajo de investigación se propone aplicar el método directo en base a una estimación de microciclos. Ya que al ser un ciclo de conducción para una ciudad donde no hay precedentes de estudio sobre curvas que definan el patrón de conducción de un automotor. Por lo tanto, es conveniente desarrollar curvas experimentales que involucren los parámetros que caracterizan el ciclo, ver figura 20-2.



**Figura 20- 2.** Metodología directa para desarrollo de ciclos de conducción.

Realizado por:( [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna))

### 2.3.1 Técnicas de instrumentación y parámetros para el desarrollo de los ciclos

(Urbina, 2016 pág. 36), indica que para representar el ciclo de conducción por el método directo, se debe recolectar la información experimental y puede ser llevada a cabo mediante:

- Técnica On Board: a través de la instrumentación adecuada se obtienen datos reales de conducción en una ruta específica.
- Técnica de persecución del vehículo: consiste en ir tras el vehículo de estudio haciendo uso de otro automotor dentro de la misma trayectoria.

En la tabla 3-2, se representa las ventajas y limitaciones de las técnicas anteriormente mencionadas para decidir sobre cual trabajar.

**Tabla 3-2:** Comparación de técnica On-Board y persecución de vehículos.

<b>Técnica</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
<b>ON BOARD</b>	Recolección directa de datos de conducción	Elevado costo de instrumentación (Equipo de datos por cada vehículo)
	Desarrollo de perfiles de conducción representativo	Estudio de las características de conducción de un solo conductor
	Adecuado para países donde el comportamiento de conducción es irregular y agresivo	Requiere de una muestra grande para asegurar la representatividad de la base de datos
	Este método se puede mantener económicamente si se seleccionan las rutas representativas utilizando una base de datos de tráfico posible	Demanda de mucho tiempo para el levantamiento de datos
<b>PERSECUSIÓN DE VEHÍCULO</b>	Estudio de las características de conducción de diferentes conductores en un solo recorrido	Violación de límites de velocidad
	Bajo costo de instrumentación	Percepción por parte del conductor del vehículo objetivo
	Recopilación de patrones de conducción de algunos vehículos en un solo recorrido	Recolección indirecta de datos y con margen de error alto
	Representatividad de la muestra	Los equipos láser pierden su efectividad al pasar por baches, pen dientes y curvas
	Se emplea un solo vehículo para levantar datos de conducción	Diferencias de comportamiento de conducción entre el vehículo caza y el vehículo estudiado
		El vehículo caza puede perder con facilidad al vehículo de estudio cuando su comportamiento de conducción es agresivo.

**Fuente:** (Duque 2012, p. 4)

**Realizado por:** Autores

En función de los criterios de la tabla 3-2, se establece que la técnica más viable para este proyecto es On-Board, ya que garantiza la toma de datos reales en un lugar específico

La técnica On-Board permite obtener información real de los parámetros de funcionamiento del automotor. Para aplicar esta técnica se requiere equiparar por medio de instrumentos como Datalogger, GPS, scanner vehiculares, sensores, la quinta rueda y otros. Con estos dispositivos se logra obtener información sobre: velocidad, aceleración, tiempo de parada, distancia recorrida, entre otros afines (Quinchimbila, y otros, 2017 págs. 15-16)

Para este caso se empleará el dispositivo ELM327 Wi-fi. Este elemento es un escáner de interfaz que funciona a través de redes Wi-fi se puede enlazar con dispositivos Android o Apple. Con este interfaz se consigue monitorear las revoluciones del motor, presión del múltiple de admisión, avance de tiempo, rango del flujo de aire, lectura del voltaje del sensor de oxígeno, flujo y presión de combustible, temperatura en la toma de aire, carga, velocidad y otros parámetros.

## CAPÍTULO III

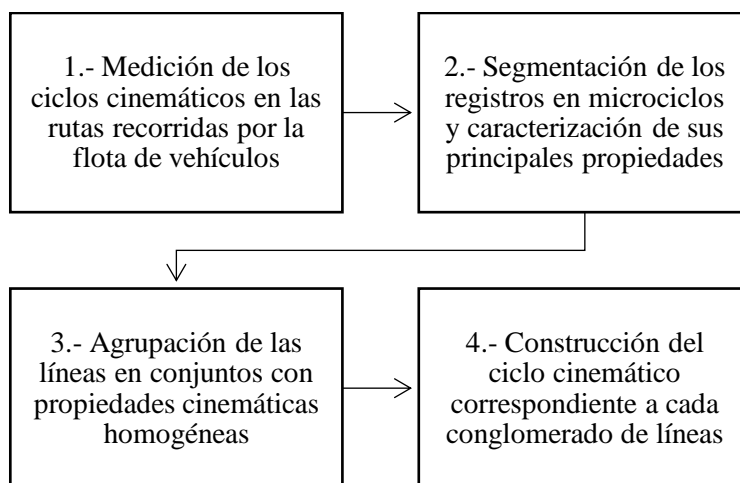
### 3. DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN

#### 3.1 Esquema investigativo

La presente investigación tiene enfoque experimental, método el cual el investigador tiene el control de las variables de estudio. Es decir que se lleva a cabo en condiciones controladas de las variables dependientes e independientes (Murillo, 2019 pág. 7). Para este caso de estudio se determinó lo siguiente:

- **Variable independiente:** 10 Vehículos y ruta de la zona urbana.
- **Variable dependiente:** Velocidad y tiempo.

El procedimiento modular establecido por (Jiménez, y otros, 2006 pág. 3) describe las etapas siguientes:



**Figura 1-3.** Procedimiento de la investigación.

Realizado por: (Jiménez, y otros, 2006)

#### 3.2 Enfoque de la investigación

El estudio tiene un enfoque cuantitativo. Puesto que, se realizará una serie sistemática de cálculos experimentales y operaciones estadísticas para la obtención del ciclo de conducción.

#### 3.3 Tipo de investigación

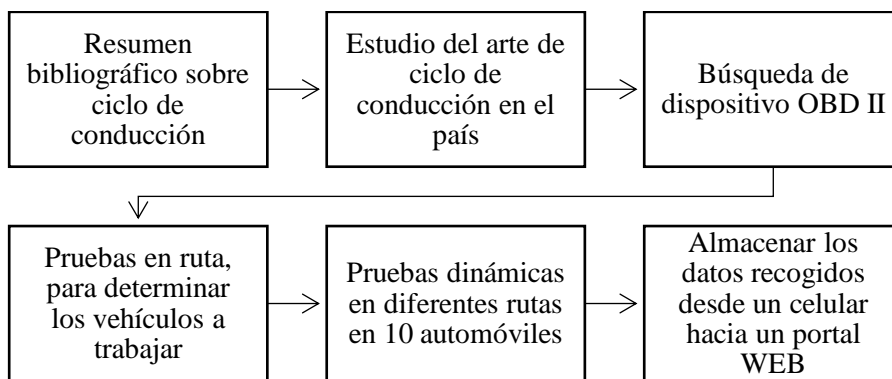
El estudio empleó la investigación deductiva, experimental y de campo.

La recolección de información por parte de los investigadores se realiza de manera directa con los vehículos. Los datos almacenados son filtrados con la finalidad de mantener un orden específico y realizar un análisis estadístico para la obtención del ciclo de conducción.

### 3.4 Desarrollo

#### 3.4.1. Información preliminar

La información preliminar de la presente investigación está determinada por:



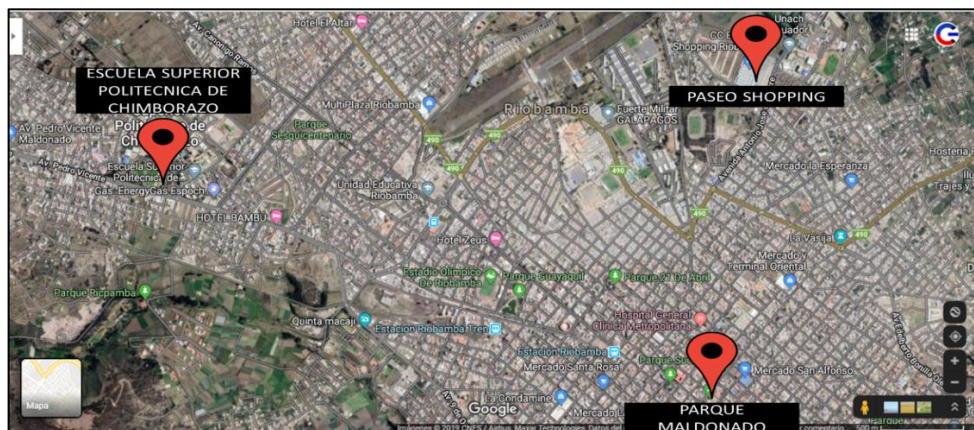
**Figura 2-3.** Información preliminar.

**Realizado por:** Autores.

La metodología a utilizar es de carácter experimental en base a microciclos.

Los microciclos empleados se definen desde un punto inicio con una velocidad inicial igual a cero seguido por períodos de aceleraciones, hasta una velocidad final igual a cero o reposo, incluyendo lapsos de ralentí, hasta acelerar nuevamente.

##### 3.4.1.1. Determinación de rutas



**Figura 3-3.** Ruta.

**Realizado por:** Google maps, 2019.

El presente estudio se ha desarrollado en la zona urbana de la ciudad de Riobamba con una altitud mayor a 2000 msnm.

Las rutas empleadas son definidas por el investigador a simple juicio por viajes casa-trabajo, mayor densidad poblacional y tipo de carreteras (Tansaya, 2006).

Se consideran tres puntos de principales para el análisis de la ruta y son:

- Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
- Paseo Shopping
- Parque Maldonado

#### 3.4.1.2. Vehículos de prueba

Los registros se obtendrán de vehículos de las siguientes marcas y modelos:

**Tabla 1-3:** Vehículos de prueba

Vehículo	Año	Cilindrada (L)	Número de viajes	Tiempo de Lectura (s)	Recorrido (Km)	Protocolo de comunicación
Chevrolet Spark GT	2016	1.2	12	7538	21,25	ISO 9141-2
Toyota Yaris	2007	1.3	14	4461	19,26	CAN
Kia Ceed	2010	1.4	12	4103	17,21	ISO 9141-2
Chevrolet Aveo Family	2011	1.5	43	35627	136,31	ISO 9141-2
Haval M4	2017	1.5	13	3051	15,26	VAN
Kia Rio Xcite	2011	1.6	10	7182	19,06	ISO 15765-4
VW Polo	2006	1.6	11	2918	10,96	CAN
Chevrolet Sail	2014	1.6	10	7046	33,13	ISO 9141-2
VW Amarok	2013	2.0	11	2990	10,66	CAN BUS
Audi Q5	2012	2.0	10	2601	11,14	NEW GENIUS
<b>TOTAL</b>						
10	-	-	146	77517	294.24	-

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

La serie de vehículos expuesta en la tabla 1-3, plantea una serie de vehículos y protocolos de comunicación que son compatibles con el dispositivo OBD II. La presente información se

plantea en “ELM327” que es la denominación que recibe la herramienta con la cual se trabaja en el presente estudio.

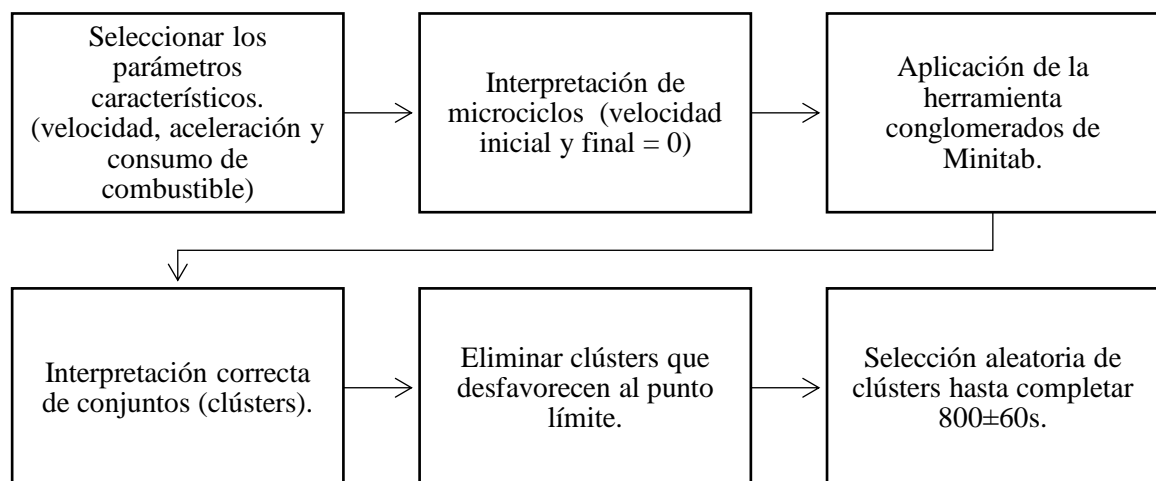
### 3.4.2. Obtención de ciclo de conducción por microciclos

Para la obtención del ciclo de conducción por el método de microciclos se debe emplear una serie de pasos, los cuales se plantean en la figura 4-3.

La secuencia de pasos expuestos por el investigador son trabajados en software como Excel y Minitab.

El programa estadístico Microsoft Excel permite distribuir de manera ordenada los parámetros característicos de las rutas, elaboración de microciclos. Al final de la filtración de datos por Minitab, permite la construcción del ciclo de conducción.

El programa Minitab realiza la filtración de microciclos (microciclos extensos de otros, se eliminan), obtención de clústers (conjunto de microciclos), verificar la desviación estándar de los datos de las variables que representan el ciclo de conducción (velocidad y aceleración).



**Figura 4-3.** Obtención de ciclo de conducción por microciclos.

**Realizado por:** Autores.

#### 3.4.2.1. Parámetros característicos

Según (Restrepo, y otros, 2007), los parámetros a considerarse para la obtención de un ciclo de conducción son:

- Distancia (km).
- Velocidad promedio (km/h).
- Velocidad máxima (km/h).
- Tiempo recorrido (s).



- Aceleración promedio positiva (m/s<sup>2</sup>).
- Tiempo con aceleración positiva (s).

Los parámetros característicos son citados en algunos libros como “CP”, y por consiguiente, son interpretaciones de medidas principales como lo son: distancia, tiempo, velocidad, aceleración y energía cinética.

Para el cálculo de los parámetros característicos, (Barlow, 2009), propone una serie de fórmulas con las cuales se determinan los patrones y parámetros característicos del ciclo de conducción, ver tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Fórmulas del cálculo de parámetros característicos del ciclo de conducción.

Definición de parámetros característicos del ciclo de conducción		
Relación	Tipo de relación	Fórmula
Distancia	Distancia total	$Dist = (t_2 - t_1) * \frac{v_1}{3,6} + \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) * \frac{v_i}{3,6}$
Tiempo	Tiempo Total	$T_{total} = t_2 - t_1 + \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1})$
	Tiempo en conducción	$T_{conducción} = T_{total} - T_{parado}$
	Tiempo crucero	$T_{crucero} = T_{conducción} - T_{acelerado} - T_{desacelerado}$
	Tiempo acelerando	$T_{acelerado} = \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) \text{ para } a_i > 0$
	Tiempo desacelerando	$T_{desacelerado} = \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) \text{ para } a_i < 0$
	Tiempo en reposo	$T_{reposo} = \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) \text{ para } v_i = 0 \text{ y } a_i = 0$
	% de tiempo en conducción	$\%conducción = \frac{T_{conducción}}{T_{total}}$
	% tiempo crucero	$\%crucero = \frac{T_{crucero}}{T_{total}}$
	% tiempo acelerando	$\%acelerado = \frac{T_{acelerado}}{T_{total}}$
	% tiempo desacelerando	$\%desacelerado = \frac{T_{desacelerado}}{T_{total}}$
	% tiempo en reposo	$\%reposo = \frac{T_{reposo}}{T_{total}}$
Velocidad	Velocidad media de ruta	$\bar{v}_{ruta} = 3,6 * \frac{dist}{T_{total}}$
	Velocidad media de conducción	$\bar{v}_{conducción} = 3,6 * \frac{dist}{T_{conducción}}$
	Desviación estándar de la velocidad	$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n v_i^2} \text{ para } \bar{v}_{ruta}$
	Velocidad máxima	$v_{máx} = Si \ v_i > v_{i-1} \text{ conservar } v_i$
	Velocidad mínima	$v_{mín} = Si \ v_i < v_{i-1} \text{ conservar } v_i$

Continúa,

Aceleración	Aceleración media	$\bar{a} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n a_i$
	Aceleración media positiva	$\bar{a}_{positiva} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n a_i \text{ para } a_i > 0$
	Aceleración media negativa	$\bar{a}_{negativa} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n a_i \text{ para } a_i < 0$
	Desviación estándar de la aceleración	$\sigma_a = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n a_i^2}$
	Número de aceleraciones	$\#_{aceleraciones} = \sum_{i=1}^n 1 \text{ para } a_i > 0$
	Aceleraciones por Km	$a_{Km} = 1000 * \frac{\#_{aceleraciones}}{dist}$
	Aceleración máxima	$a_{m\acute{a}x} = Si \ a_i > a_{i-1} \text{ conservar } a_i$
	Aceleración mínima	$a_{m\acute{i}n} = Si \ a_i < a_{i-1} \text{ conservar } a_i$
Paradas	Número de paradas	$\#_{paradas} = \sum_{i=1}^n 1 \text{ para } (v_i = 0 \text{ y } a_i = 0) \text{ y } (v_i = 0 \text{ y } a_i = 0)$
	Paradas por Km	$Paradas = 1000 * \frac{\#_{paradas}}{dist}$
Dinámica	Aceleración positiva relativa	$APR = \frac{1}{dist} * \sum_{i=1}^n \frac{a_i * v_i}{3,6} \text{ para } a_i > 0$
	Energía cinética positiva	$ECP = \frac{1}{dist} * \sum_{i=2}^n v_i^2 - v_{i-1}^2 \text{ para } v_i > v_{i-1}$

Fuente: (Barlow, 2009)

Realizado por: Autores

### 3.4.2.2. Técnica de obtención de datos

La técnica de instrumentación empleada en la investigación es, On board proveniente de un método directo, la cual facilita al instrumentador la recolección de datos de los vehículos de prueba, por el motivo de precisión y confiabilidad de la técnica.

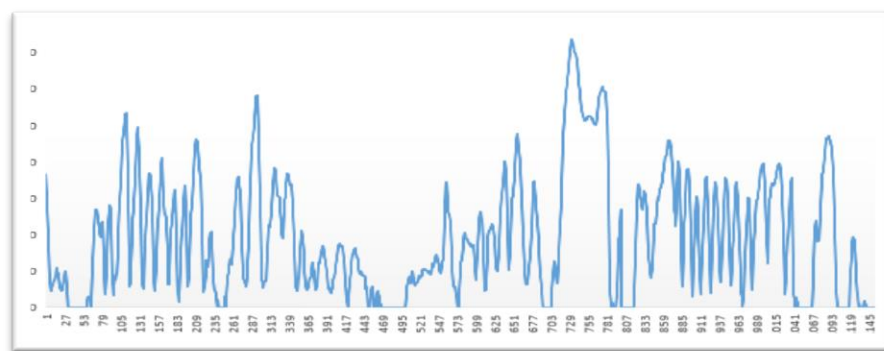
Esta técnica presenta las siguientes características:

- Recolección directa
- Los datos se obtienen directamente del vehículo
- Alta precisión / Alta confiabilidad
- Requiere de una muestra grande para asegurar la representatividad
- Demanda de mucho tiempo para el levantamiento de datos

### 3.4.2.3. Técnica de microviajes

El ciclo operativo se clasifica en zonas de movimiento y de parada, teniendo en cuenta como microciclo a la evolución de la velocidad entre dos paradas continuas. Como finalidad, se postula generar ciclos de velocidad poligonales, los registros consecutivos se dividen en microciclos constituidos por secciones de aceleración, velocidad (incluido ralentí del motor) y desaceleración, ver figura 5-3 (Jiménez, y otros, 2006). Lo cual permite:

- Comparar las curvas  $v-t$  divididas en ciclos en los que los vehículos parten de una  $V_0 = 0$  seguido por períodos de aceleraciones hasta llegar nuevamente al reposo ( $V_f = 0$ ), esto incluye los lapsos de ralentí hasta acelerar nuevamente.
- Aplicar la herramienta conglomerados de Minitab, la cual permite eliminar los microciclos que estén extensos a los límites de la cadena de microciclos, a su vez de formar clústers que son conjuntos de microciclos.
- Para la obtención del ciclo de conducción, con la ayuda de clústers, realizar la filtración de clústers y microviajes aleatoriamente. Se deben emplear los microviajes que son próximos a la velocidad promedio total ( $\pm 5\%$  de rango), previo la filtración.
- El ciclo de conducción total engloba diferentes microciclos con un margen de  $800 \pm 60s$



**Figura 5-3.** Obtención de ciclo de conducción por microciclos.

Realizado por: Autores.

#### 3.4.2.4. ELM327

El interfaz ELM327 es un dispositivo que permite la conexión a la computadora o teléfono móvil al vehículo, para el diagnóstico de vehículos equipados con sistemas OBD II (Vaquero G, 2015). En este estudio se emplea el dispositivo OBD II tipo WiFi, ELM327, con el manejo de los siguientes protocolos de comunicación:

**Tabla 3-3:** Protocolos de comunicación de vehículos de prueba

Protocolos de comunicación	Velocidad de comunicación	Ventajas
CAN (Controller Area Network)	1 Mbits/s	Líder mundial en sistemas multiplexados.
VAN (Vehicle Area Network)	250 Kbits/s	Simple y económico
SAE J1850	41,6 Kbits/s	Más económica

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Los protocolos de comunicación soportan variaciones dependiendo el fabricante, por lo cual el dispositivo OBD II ELM327, soporta 12 diferentes variantes:

- Automatic
- ISO 9141-2 (5 baud init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 500 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 250 Kbaud)
- SAE J1850 PWM (41.6 Kbaud)
- ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 500 Kbaud)
- SAE J1939 CAN (29 bit ID, 250 Kbaud)
- USER 2 CAN (11 bit ID, 50 Kbaud)
- SAE J1850 VPW (10.4 Kbaud)
- ISO 14230-4 KWP (fast init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 250 Kbaud)
- USER 1 CAN (11 bit ID, 125 Kbaud)

El dispositivo ELM327 permite obtener datos de la unidad de control del automóvil y enviar esta información a un software que permita la interpretación de datos de la ECU.

#### 3.4.2.5. *Torque Pro*

Esta aplicación propia de Android, emplea la tecnología bluetooth y WiFi para conectarse con la computadora del vehículo, a través de un dispositivo OBD II, y envía información útil acerca del estado del automotor a través de PIDs que solicita el investigador.



**Figura 6-3.** Interfaz Torque Pro.

Realizado por: Autores.

La figura 6-3, muestra la interfaz Torque Pro, que con la ayuda del dispositivo ELM327, obtiene un registro de datos PID del automóvil (información de sensores y actuadores), registro posicional del automóvil (GPS) e información del consumo de combustible segundo a segundo del automóvil.

Los dispositivos OBD II, a través de la aplicación Torque Pro, al igual que varias aplicaciones para celular, calculan el flujo de combustible de tres maneras, (Mogro, s.f) y son:

- Relación propia de protocolos del automóvil
- Basado por MAF
- Basado por MAP

En caso de MAF

$$fuel\ flow\ rate\ \left(\frac{l}{s}\right) = \frac{MAF\ \left(\frac{g}{s}\right)}{AFR\ (:1) * \delta_{fuel} * 1000}$$

En caso de MAP

$$fuel\ flow\ rate\ \left(\frac{l}{s}\right) = \frac{RPM * VE * MAP * ED * M_{aire}}{120 * R * (IAT + 273.12) * AFR * \delta_{fuel} * 10000}$$

AFR = Relación aire/combustible

VE = Eficiencia volumétrica

R = Constante de gases

ED = Carga del motor

Para el consumo de combustible, las aplicaciones para celular están normalizadas en SAE J1979, ver tablas 4-3 y 5-3 (Mogro, s.f).

**Tabla 4-3:** Consumo de combustible con MAF

Datos	L/100km	Error %
Laboratorio	8,76	-
MAF sin STFT	8,51	-2,91%
MAF con STFT	8,71	-0,56%

Fuente: (Mogro, s.f)

Realizado por: Autores

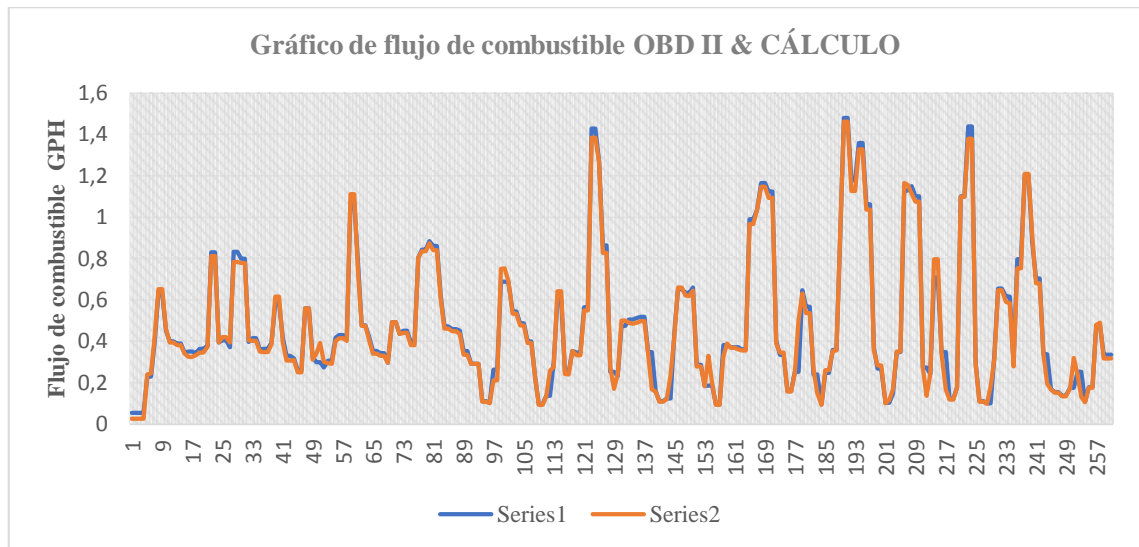
**Tabla 5-3:** Consumo de combustible con MAP

Datos	L/100km	Error %
Prueba de ruta	6,20	-
MAP. VE=0,8	8,51	-2,91%
MAP, VE=0,75	8,71	-0,56%

Fuente: (Mogro, s.f)

Realizado por: Autores

En el gráfico 1-3, se puede apreciar la comparativa entre los cálculos que realiza la aplicación Torque Pro a través del dispositivo OBD II, con respecto a cálculos expresados por el investigador de las fórmulas de flujo de combustible, implicando que estas fórmulas están relacionadas en los programas de dispositivos OBD II.



**Gráfica 1-3.**Gráfico de flujo de combustible OBD II & Cálculo

**Realizado por:** Autores.

## CAPÍTULO IV

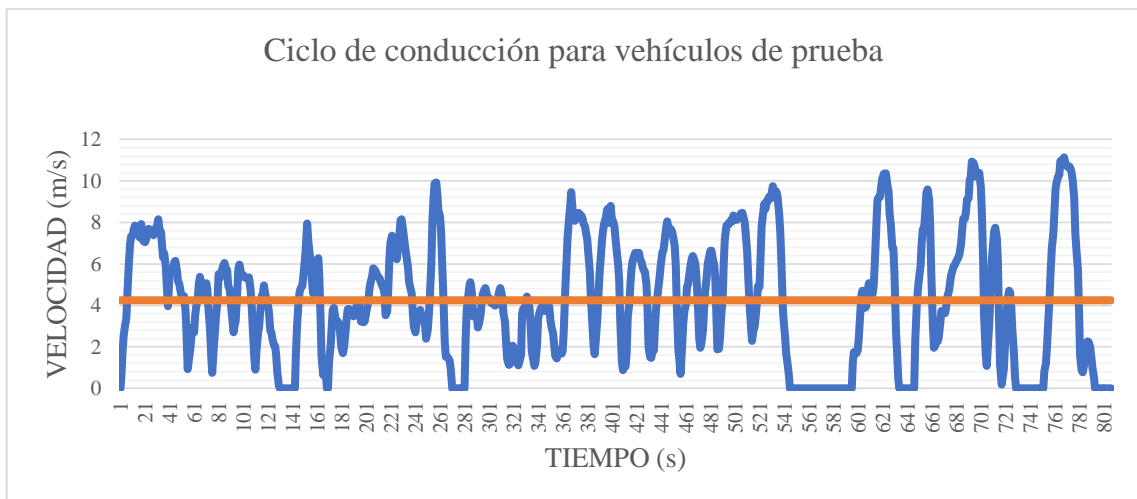
### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los ciclos de conducción experimentales se generaron a partir de patrones y parámetros característicos de conducción, alcanzando una longitud de  $800 \pm 60$ s. La longitud del ciclo de conducción se estima por cercanía a otros ciclos de conducción en el mundo, y por fundamentar bases para nuevos estudios y pruebas dinamométricas referentes a los ciclos de conducción obtenidos.

Los ciclos de conducción se describen a continuación:

#### 4.1 Ciclo de conducción para vehículos de prueba

En el gráfico 1-4, indica el primer ciclo de conducción realizado es para todos los vehículos de prueba. Se manipuló 808 datos provenientes de 7 microciclos, que fueron elegidos aleatoriamente y filtrados desde sus clústers de análisis y su número de microciclos internos.



**Gráfico 1-4.** Ciclo de conducción para vehículos de prueba

**Realizado por:** Autores.

Además, en la tabla 1-4, se reflejan los patrones y parámetros característicos del ciclo de conducción para todos los vehículos de prueba.

**Tabla 1-4:** Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos de prueba

<b>Definición de parámetros característicos del ciclo de conducción</b>			
<b>Relación</b>	<b>Tipo de relación</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Distancia	Distancia total	3431,879522	m
Tiempo	Tiempo Total	807	s
	Tiempo en conducción	686	s
	Tiempo crucero	0	s
	Tiempo acelerando	359	s
	Tiempo desacelerando	327	s
	Tiempo en reposo	121	s
	% de tiempo en conducción	85,01%	s
	% tiempo crucero	0,00%	s
	% tiempo acelerando	44,49%	s
	% tiempo desacelerando	40,52%	s
	% tiempo en reposo	14,99%	s
Velocidad	Velocidad media de ruta	4,252638813	m/s
	Velocidad media de conducción	5,002739829	m/s
	Desviación estándar de la velocidad	2,994580698	m/s
	Velocidad máxima	11,14134259	m/s
	Velocidad mínima	0	m/s
Aceleración	Aceleración media	1,65E-18	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración media positiva	0,526854791	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración media negativa	-0,578412446	m/s <sup>2</sup>
	Desviación estándar de la aceleración	0,692499825	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración máxima	2,311813303	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración mínima	-2,883528869	m/s <sup>2</sup>
Paradas	Número de paradas	7	
	Paradas por Km	2,039698642	
Dinámica	Aceleración positiva relativa	0,277173221	m/s <sup>2</sup>
	Energía cinética positiva	0,50335094	m/s

**Fuente:** Autores**Realizado por:** Autores

Por lo tanto, se destaca que la velocidad promedio del presente ciclo en ruta es de 15,3 km/h con una aceleración media positiva de 0,526 m/s<sup>2</sup>, representando un manejo de conducción lento

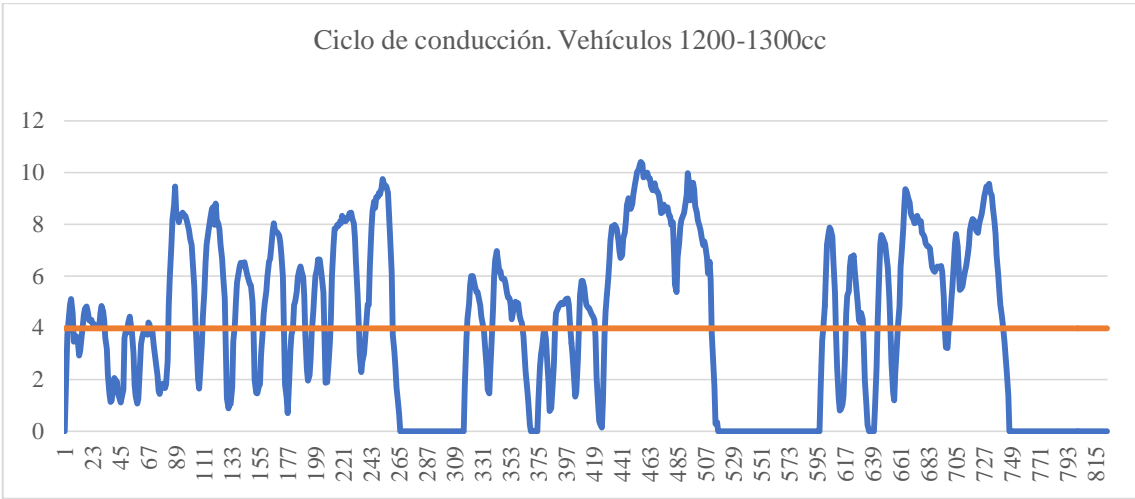


pero agresivo, por la obstrucción del tráfico en las rutas empleadas dentro del sondeo de los diferentes automóviles.

Con respecto a los vehículos de prueba, se realizó una clasificación por cilindrada, 1200-1300 cc, 1400-1600cc y 2000cc.

#### 4.2 Ciclo de conducción en vehículos 1200-1300cc

La gráfica 2-4 refleja el ciclo de conducción de los vehículos con cilindrada de 1200 a 1300cc, cuya tabla 2-4, interpreta una velocidad promedio de 14,4 km/h con una aceleración promedio positiva de 0,524 m/s^2, en un intervalo de 824s con un número de paradas igual a 5, por ende, es una apreciación de 824 datos y 5 microciclos.



**Gráfico 2-4.** Ciclo de conducción para vehículos 1200-1300cc  
**Realizado por:** Autores.

En la tabla 2-4, se reflejan los patrones y parámetros característicos del ciclo de conducción en vehículos de 1200 y 1300cc.

**Tabla 2-4:** Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos de 1200-1300cc

Definición de parámetros característicos del ciclo de conducción			
Relación	Tipo de relación	Valor	Unidad
Distancia	Distancia total	3292,46458	m
	Tiempo Total	824	s
	Tiempo en conducción	607	s
	Tiempo crucero	0	s
	Tiempo acelerando	293	s
Tiempo	Tiempo desacelerando	314	s

Continua,

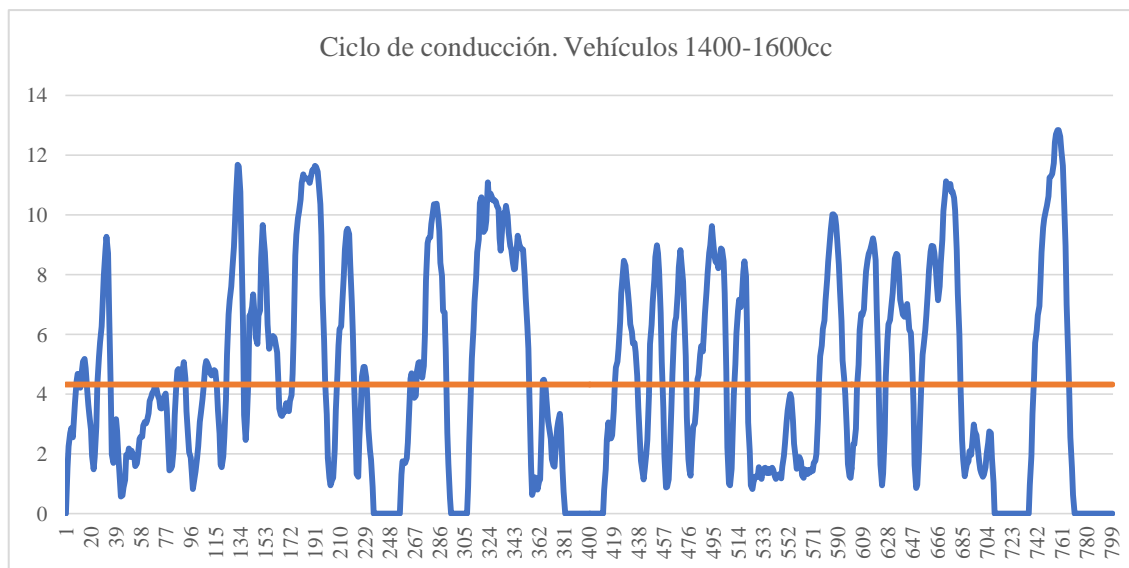
	Tiempo en reposo	217	s
	% de tiempo en conducción	73,67%	s
	% tiempo crucero	0,00%	s
	% tiempo acelerando	35,56%	s
	% tiempo desacelerando	38,11%	s
	% tiempo en reposo	26,33%	s
Velocidad	Velocidad media de ruta	3,99570944	m/s
	Velocidad media de conducción	5,42415911	m/s
	Desviación estándar de la velocidad	3,25644584	m/s
	Velocidad máxima	10,4090288	m/s
	Velocidad mínima	0	m/s
Aceleración	Aceleración media	0,00E+00	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración media positiva	0,52411789	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración media negativa	-0,48906542	m/s <sup>2</sup>
	Desviación estándar de la aceleración	0,59133327	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración máxima	2,56680859	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración mínima	-2,38510979	m/s <sup>2</sup>
Paradas	Número de paradas	5	
	Paradas por Km	1,51861922	
Dinámica	Aceleración positiva relativa	0,23817002	m/s <sup>2</sup>
	Energía cinética positiva	0,43091431	m/s

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

#### 4.3 Ciclo de conducción en vehículos 1400-1600cc

Los vehículos de 1400 a 1600cc poseen una velocidad promedio de 16 km/h con una aceleración promedio positiva de 0,552 m/s<sup>2</sup> en un lapso de 800s con un número de 5 paradas.



**Gráfico 3-4.** Ciclo de conducción para vehículos 1400-1600cc

**Realizado por:** Autores.

La tabla 3-4, informa de los patrones y parámetros de conducción del ciclo de conducción de los vehículos de 1400-1600cc.

**Tabla 3-4:** Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos de 1400-1600cc

Definición de parámetros característicos del ciclo de conducción			
Relación	Tipo de relación	Valor	Unidad
Distancia	Distancia total	3563,59568	m
Tiempo	Tiempo Total	800	s
	Tiempo en conducción	683	s
	Tiempo crucero	3	s
	Tiempo acelerando	367	s
	Tiempo desacelerando	313	s
	Tiempo en reposo	117	s
	% de tiempo en conducción	85,38%	s
	% tiempo crucero	0,38%	s
	% tiempo acelerando	45,88%	s
	% tiempo desacelerando	39,13%	s
	% tiempo en reposo	14,63%	s

Continúa,

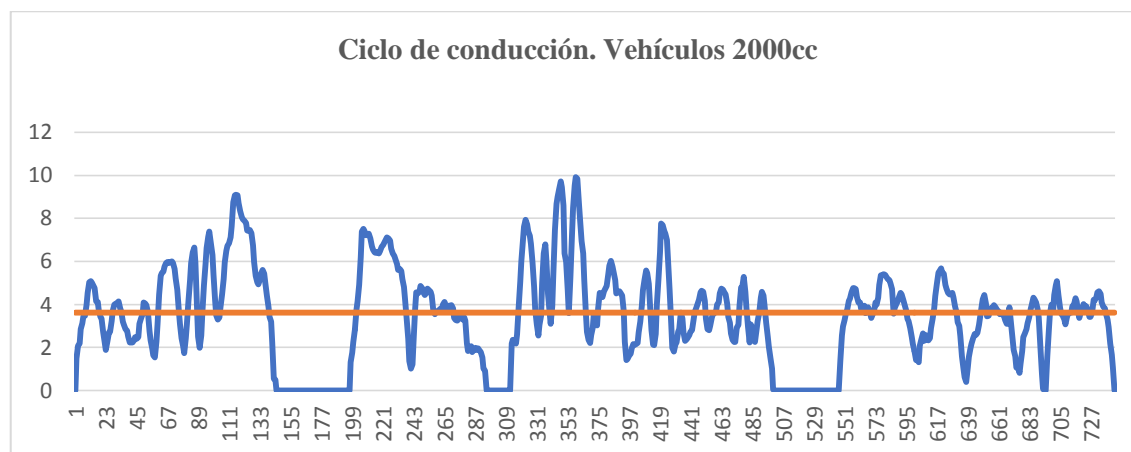
Velocidad	Velocidad media de ruta	4,4544946	m/s
	Velocidad media de conducción	5,21756322	m/s
	Desviación estándar de la velocidad	3,50324274	m/s
	Velocidad máxima	12,8446653	m/s
	Velocidad mínima	0	m/s
Aceleración	Aceleración media	0,00E+00	m/s^2
	Aceleración media positiva	0,55203471	m/s^2
	Aceleración media negativa	-0,64727393	m/s^2
	Desviación estándar de la aceleración	0,73180992	m/s^2
	Aceleración máxima	2,65769217	m/s^2
	Aceleración mínima	-3,03992324	m/s^2
Paradas	Número de paradas	5	
	Paradas por Km	1,40307724	
Dinámica	Aceleración positiva relativa	0,31661956	m/s^2
	Energía cinética positiva	0,58211302	m/s

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

#### 4.4 Ciclo de conducción en vehículos 2000cc

Los vehículos 2000cc, el ciclo de conducción experimenta una velocidad promedio de 12,28km/h en un lapso de 744s con una aceleración media positiva de 0,418 m/s<sup>2</sup> en cual, se hicieron 5 paradas o momentos de ralenti.



**Gráfico 4-4.** Ciclo de conducción para vehículos 2000cc

Realizado por: Autores.

La tabla 4-4, informa de los patrones y parámetros de conducción del ciclo de conducción de los vehículos de 2000cc.

**Tabla 4-4:** Parámetros característicos del ciclo de conducción para vehículos de 2000cc

<b>Definición de parámetros característicos del ciclo de conducción</b>			
<b>Relación</b>	<b>Tipo de relación</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Distancia	Distancia total	2539,94216	m
Tiempo	Tiempo Total	744	s
	Tiempo en conducción	627	s
	Tiempo crucero	2	s
	Tiempo acelerando	306	s
	Tiempo desacelerando	319	s
	Tiempo en reposo	117	s
	% de tiempo en conducción	84,27%	s
	% tiempo crucero	0,27%	s
	% tiempo acelerando	41,13%	s
	% tiempo desacelerando	42,88%	s
	% tiempo en reposo	15,73%	s
Velocidad	Velocidad media de ruta	3,41390075	m/s
	Velocidad media de conducción	4,05094443	m/s
	Desviación estándar de la velocidad	2,23078076	m/s
	Velocidad máxima	9,90741094	m/s
	Velocidad mínima	0	m/s
Aceleración	Aceleración media	0,00E+00	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración media positiva	0,41851767	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración media negativa	-0,40146209	m/s <sup>2</sup>
	Desviación estándar de la aceleración	0,51743302	m/s <sup>2</sup>
	Aceleración máxima	2,18335549	m/s <sup>3</sup>
	Aceleración mínima	-2,25146983	m/s <sup>4</sup>
Paradas	Número de paradas	5	
	Paradas por Km	1,96854876	

Continúa,

Dinámica	Aceleración positiva relativa	0,22329036	m/s <sup>2</sup>
	Energía cinética positiva	0,40587161	m/s

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

#### 4.5 Datos específicos de los ciclos de conducción

Los diferentes ciclos de conducción reflejan la forma de conducción del pueblo riobambeño, implicando una conducción agresiva (elevada tasa de aceleración con respecto a su velocidad promedio).

La tabla 5-4, especifica los parámetros característicos de los ciclos de conducción en la ciudad de Riobamba.

**Tabla 5-4:** Datos específicos de los ciclos de conducción

Ciclo de conducción	Distancia (km)	Velocidad Promedio (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo recorrido (s)	Aceleración promedio positiva(m/s <sup>2</sup> )	Tiempo con aceleración positiva (s)
Todos	3,43	15,3	40,1	807	0,526	359
1200cc-1300cc	3,29	14,38	37,47	824	0,524	293
1400cc-1600cc	3,56	16,04	46,24	800	0,552	367
2000cc	2,53	12,29	35,66	744	0,418	306

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Los parámetros característicos de los ciclos de conducción en la ciudad de Riobamba con una altitud >2000msnm, dan a conocer la forma de conducir de la ciudad.

La interpretación de estos datos define a la ciudad como una conducción urbana lenta pero agresiva, con respecto a los factores de tráfico, forma de conducción y espacio geográfico.

#### 4.6 Consumo de combustible en el ciclo de conducción segundo a segundo

El consumo de combustible en el Ecuador no cuenta con una base de datos oficial, por lo cual se remiten a datos de fabricantes de automóviles, que no presentan las condiciones geográficas del país (Cando, 2017)

El consumo de combustible de los ciclos de conducción de la ciudad de Riobamba está expresado en litros por cada 100km, unidades las cuales son interpretación del consumo de combustible a nivel mundial.

Por la clasificación realizada anteriormente de los vehículos de prueba, el consumo de combustible también tiene una representación similar con automóviles clasificados por cilindrada.

En la tabla 6-4, se registra el consumo de combustible en todos los vehículos de prueba, obteniendo un consumo de combustible promedio de 12,06 l/100km instantáneos, con una temperatura promedio de 89,23°C. Comparando con las tablas 4-3 y 5-3, se observa que el consumo de combustible es elevado considerando todos los vehículos de prueba.

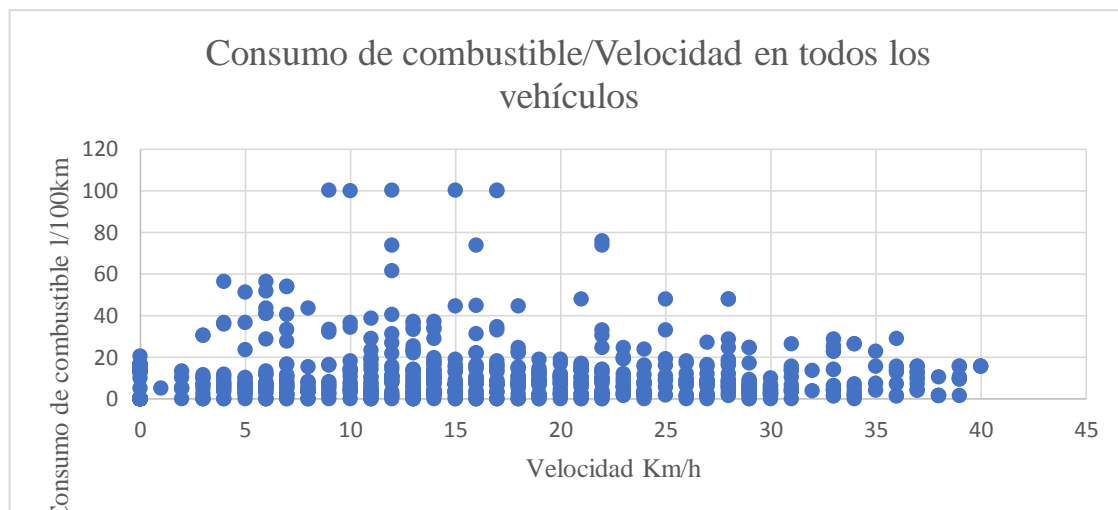
**Tabla 6-4:** Consumo de combustible en el ciclo de conducción, en todos los vehículos

<b>Motor</b>	<b>Consumo de combustible</b>		
	Media de consumo de viaje	13,27724782	kpl
	Media de consumo instantáneo	19,43732181	kpl
	Litros por cada 100 km instantáneos	12,06181062	l/100km
	Litros por cada 100 km (corrección a largo plazo)	7,928837376	l/100km
	<b>Temperatura del motor</b>		
	Promedio de temperatura de motor	89,23566085	°C

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Autores

El gráfico 5-4, consumo de combustible/velocidad en todos los vehículos, interpreta los puntos de dispersión del consumo de combustible en diferentes velocidades, dando como resultado que el mayor consumo de combustible se mantiene en velocidades de 0-10 km/h, considerando que el 0 km/h son los momentos en ralentí. El mayor consumo se mantiene hasta los 20 km/h considerando el gráfico y la tabla 7-4, con el número de datos.



**Gráfico 5-4.** Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad. En todos los vehículos

**Realizado por:** Autores

**Tabla 7-4:** Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. Muestra: Todos los vehículos

Velocidad (km/h)	Número de datos
0 - 10	276
11 - 20.	269
21 - 30	194
31 - 40	68
<b>TOTAL</b>	<b>807</b>

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Autores

En la tabla 8-4, se registra el consumo de combustible en vehículos 1200 y 1300cc, obteniendo un consumo de combustible promedio de 9,98 l/100km instantáneos, con una temperatura promedio de 90,7°C en el ciclo de conducción. Comparando con las tablas 4-3 y 4-5, se observa que el consumo de combustible es ligeramente elevado considerando los vehículos de esta prueba.

**Tabla 8-4:** Consumo de combustible en el ciclo de conducción, en vehículos 1200 y 1300cc

Motor	Consumo de combustible		
	Media de consumo de viaje	13,385418	kpl
	Media de consumo instantáneo	21,2988081	kpl
	Litros por cada 100 km instantáneos	9,98608991	l/100km
	Litros por cada 100 km (corrección a largo plazo)	8,02870379	l/100km

Continúa,

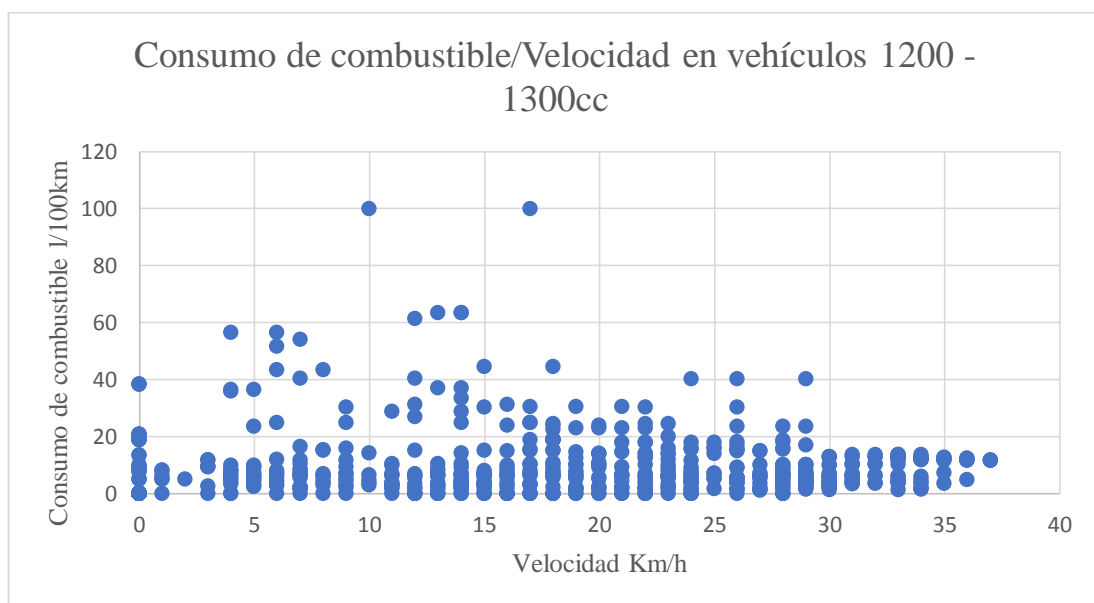


	Temperatura del motor		
	Promedio de temperatura de motor	90,7007299	°C

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

El gráfico 6-4, consumo de combustible/velocidad en vehículos 1200-1300cc, interpreta los puntos de dispersión del consumo de combustible en diferentes velocidades del ciclo de conducción, dando como resultado que el mayor consumo de combustible se mantiene en velocidades de 0-10 km/h, considerando que el 0 km/h son los momentos en ralentí. Mientras que el menor consumo se observa en velocidades de 30-40 km/h considerando el gráfico y la tabla 9-4, con el número de datos.



**Gráfico 6-4.** Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad. En 1200-1300cc

Realizado por: Autores

**Tabla 9-4:** Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. Muestra: 1200-1300cc

Velocidad (km/h)	Número de datos
0 - 10	331
11 - 20.	205
21 – 30	215
31 – 40	73
<b>TOTAL</b>	<b>824</b>

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

En la tabla 10-4, se registra el consumo de combustible en vehículos 1400-1600cc, obteniendo un consumo de combustible promedio de 15,04 l/100km instantáneos, con una temperatura promedio de 91,66°C en el ciclo de conducción. Comparando con las tablas 4-3 y 5-3, se observa que el consumo de combustible es elevado considerando los vehículos de esta prueba.

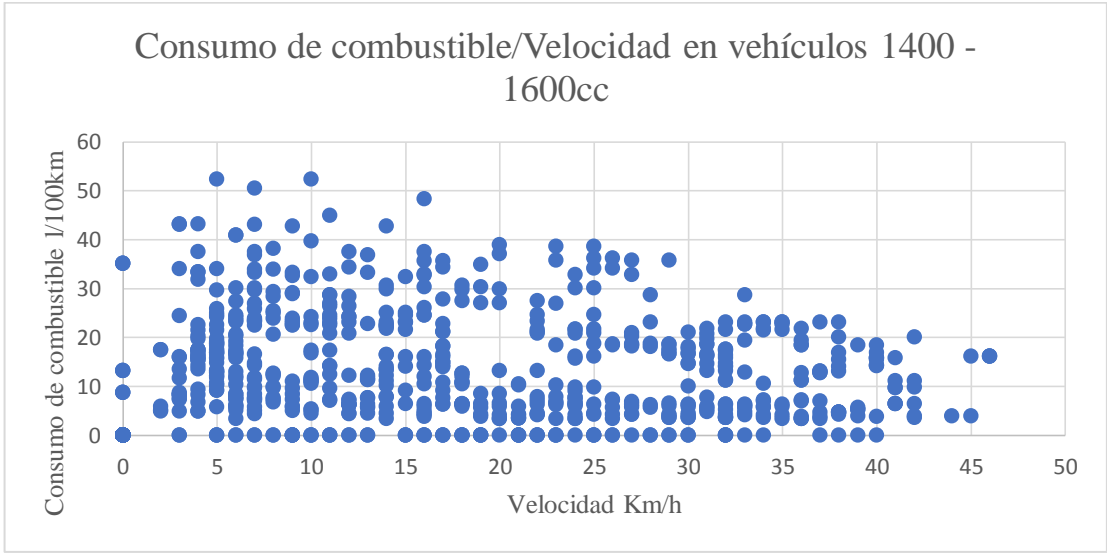
**Tabla 10-4:** Consumo de combustible en el ciclo de conducción, en vehículos 1400-1600cc

Motor	Consumo de combustible		
	Media de consumo de viaje	10,5201914	kpl
	Media de consumo instantáneo	23,3609395	kpl
	Litros por cada 100 km instantáneos	15,0450516	l/100km
	Litros por cada 100 km (corrección a largo plazo)	7,9549908	l/100km
	Temperatura del motor		
	Promedio de temperatura de motor	91,6620603	°C

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

El gráfico 7-4, consumo de combustible/velocidad en vehículos 1400-1600cc, interpreta los puntos de dispersión del consumo de combustible en diferentes velocidades del ciclo de conducción, dando como resultado que el mayor consumo de combustible se mantiene en velocidades de 0-10 km/h, considerando que el 0 km/h son los momentos en ralentí. Mientras que el menor consumo se observa en velocidades de 40-50 km/h considerando el gráfico y la tabla 11-4 con el número de datos en determinados intervalos de velocidad.



**Gráfico 7-4.** Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad. En 1400-1600cc

Realizado por: Autores

**Tabla 11-4:** Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. Muestra: 1400-1600cc

Velocidad (km/h)	Número de datos
0 - 10	333
11 - 20.	181
21 - 30	141
31 - 40	127
41 - 50	18
<b>TOTAL</b>	800

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

En la tabla 12-4, se registra el consumo de combustible en vehículos 2000cc, obteniendo un consumo de combustible promedio de 17,49 l/100km instantáneos, con una temperatura promedio de 85,28°C en el ciclo de conducción. Comparando con las tablas 3-3 y 3-4, se observa que el consumo de combustible es muy elevado considerando los vehículos de esta prueba. El promedio del consumo de combustible se realizó a los microciclos del ciclo de conducción del automóvil Audi Q5, por el motivo de no variar tasas de consumo entre motores a gasolina y diésel.

**Tabla 12-4.** Consumo de combustible en el ciclo de conducción, en vehículos 2000cc

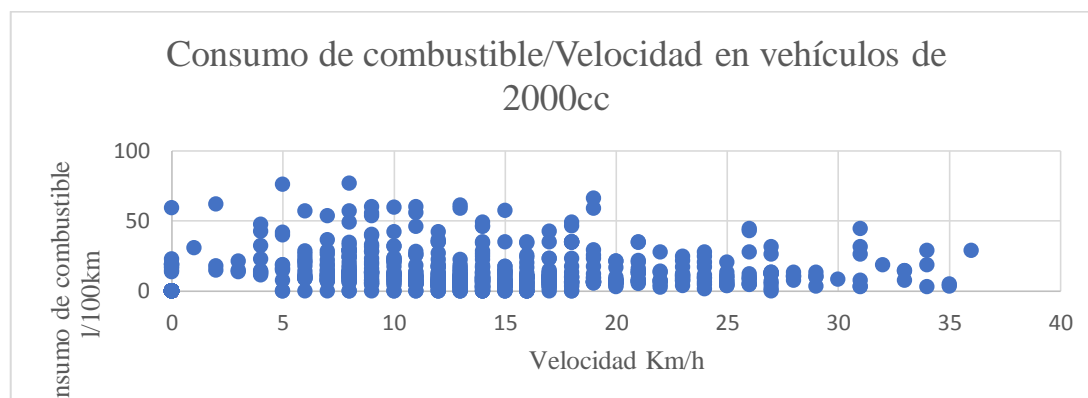
Motor	Consumo de combustible		
	Media de consumo de viaje	11,5297837	kpl
	Media de consumo instantáneo	12,1080123	Kpl
	Litros por cada 100 km instantáneos	17,495262	l/100km
	Litros por cada 100 km (corrección a largo plazo)	7,92056422	l/100km
	Temperatura del motor		
	Promedio de temperatura de motor	85,2843666	°C

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

El gráfico 8-4, consumo de combustible vs velocidad en vehículos 2000cc, interpreta los puntos de dispersión del consumo de combustible en diferentes velocidades del ciclo de conducción, dando como resultado que el mayor consumo de combustible se mantiene en velocidades de 0-10 km/h, considerando que el 0 km/h son los momentos en ralentí. Mientras que el menor

consumo se observa en velocidades de 30-40 km/h considerando el gráfico y la tabla 13-4 con el número de datos.



**Gráfico 8-4.** Dispersión de datos: Consumo de combustible vs Velocidad. En 2000cc  
Realizado por: Autores

**Tabla 13-4:** Tabla de datos en diferentes rangos de velocidad. Muestra: 2000cc

Velocidad (km/h)	Número de datos
0 - 10	284
11 - 20.	354
21 - 30	90
31 - 40	16
<b>TOTAL</b>	744

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

El consumo de combustible en la ciudad viene dado en un rango de 9 a 17,5 L/100km, reflejando así un consumo de combustible superior en comparación con el consumo de otros ciclos de conducción en el mundo, pero admisible en comparación a consumos de combustible que se obtienen en otras ciudades del Ecuador, como se lo expresa en la tabla 14-4.

**Tabla 14-4:** Comparación del consumo de combustible en ciclos de conducción en el Ecuador

Lugar	Altitud (msnm)	Muestras	Consumo (L/100Km)	Instrumento	Autor
Quito	2850	72	11,28	Tanque medidor de combustible	Quichimbla & Solis
Cuenca	2560	36	12 - 34	Tanque de combustible	Lima & Gálvez
Riobamba	2764	146	9 - 17,5	OBD II	Calva & Flores

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

## CONCLUSIONES

- Se logró fundamentar los principios de consumo de combustible, ciclo de conducción mediante una labor investigativa para conceptualizar correctamente los parámetros característicos y mantener el orden correcto de la obtención del ciclo de conducción de la ciudad de Riobamba.
- Se utilizó el dispositivo OBD II ELM327 con la aplicación de teléfono celular “Torque Pro”, para obtener los datos de presión de entrada del aire en la admisión mediante datos del sensor MAP, temperatura del motor mediante datos del sensor ECT, cantidad de consumo de combustible mediante cálculos realizados por el software, y lectura de GPS mediante la unificación de Google Maps en “Torque Pro”.
- Se construyó cuatro ciclos de conducción de  $800\pm 60$ s a partir de 146 rutas, para diferentes tipos de automóviles; clasificados por cilindrada, los cuáles recorrieron el centro del ciudad de Riobamba implicando tres lugares con mayor frecuencia como lo son el Paseo Shopping, Parque Maldonado y Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se recalca que las rutas tomadas fueron elegidas por los investigadores mediante viajes casa-trabajo, influencia del tráfico en la ciudad y tipos de vía.
- Se determinó los niveles de consumo de combustible que se está generando en los motores de los vehículos que transitan la ciudad de Riobamba mediante el dispositivo OBD II ELM327 y el software para teléfonos celulares “Torque Pro” emitiendo un consumo de 9,9 l/100km instantáneos en el ciclo de conducción para automóviles de 1200-1300cc, hasta un consumo de combustible de 17,5 l/100km en vehículos de 1400-1600cc.
- Se evidenció el mayor consumo de combustible en vehículos de: 2000cc de cilindrada cuando están en velocidades mínimas de 0-20 km/h, considerando 0 km/h los momentos de ralentí del automotor.
- El perfil de conducción urbano de la ciudad de Riobamba es agresivo por el registro de aceleraciones positivas de  $0,552 \text{ m/s}^2$ , con velocidad promedio de 16,04 km/h que implica una conducción lenta, por el motivo de que en el centro de la ciudad se realizan un número considerable de paradas por la falta de control del tráfico.

## RECOMENDACIONES

- En la selección de vehículos de prueba, considerar la compatibilidad del protocolo de comunicación del vehículo con respecto al dispositivo OBD II ELM327.
- Seleccionar correctamente los PIDs y sistema de unidades del software para teléfonos “Torque Pro”, para evitar filtraciones innecesarias dentro del documento “.csv” que comparte la aplicación.
- Buscar información relevante de selección de rutas, parámetros característicos, consumo y flujo de combustible para ciclos de conducción.
- En el estudio estadístico de Minitab (herramienta conglomerado de observaciones) realizar un estudio previo de desviaciones, para entender que microciclos eliminar y filtrar posteriormente, ya que después el investigador tendrá que realizar una selección aleatoria de microciclos, los cuales tienen que estar en un rango de desviación con respecto a la velocidad media del conjunto de microciclos total.
- La longitud de los ciclos de conducción anteriormente expuestos, son tomados por el investigador, para una futura verificación en pruebas dinamométricas, se recomienda tener criterios correctos de ciclos de conducción para realizar las experimentaciones posibles referentes al tema.
- Se recomienda aplicar ciclos de conducción en el país, para alcanzar altos estándares de eficiencia energética que favorecen a una economía sostenible y sustentable del parque automotor del país.

## BIBLIOGRAFÍA

**TONG, H.** *A framework for developing driving Cycles with On-Road Driving Data*. Roudledge, 2010

**BARLOW, T J.** *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions*. s.l. : TRL Limited, 2009.

**CANDO & TOBAR.** *Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis*. Cuenca : s.n., 2017.

**CONUEE.** *Normas de eficiencia energética en vehículos automotores*. México : Dirección de movilidad y transporte, 2018.

**CUBITO, C, & otros.** *Impact of Different Driving Cycles and Operating Conditions on CO2 Emissions and Energy Management Strategies of a Euro-6 Hybrid Electric Vehicle*. Italia : MDPI Energies, 2017. págs. 1-3.

**ECURED.** Motor de combustión interna. MCI. [En línea] 28 de 11 de 2019. [https://www.ecured.cu/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna).

**FREIRE, D & LOZA, J.** *Comportamiento de un motor a gasolina utilizando alcohol anhidro como combustible de aporte*. Quito : EPN, 2013.

**GÁLVEZ, E & OYOLA, L.** *Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el centro histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de ciclos de conducción*. Cuenca : Universidad de Cuenca, 2016.

**HURTADO, A.** *Desarrollo de ciclos de conducción para el área metropolitana centro occidente-AMCO*. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2014.

**IEA.** Explore energy data by category, indicator, country or region. [En línea] 2020. <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=ECUADOR&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2%20emissions%20by%20energy%20source>.

**INEC.** Índice Anuario de Transporte 2016. [En línea] 2016. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>.

**JIMÉNEZ, F, ROMÁN , A & LÓPEZ, J.** *Determinación de ciclos de conducción en rutas urbanas fijas*. Madrid : Univesridad Politécnica de Madrid, 2006.

**LINCANGO, D & VEGA, K.** *Evaluación de los factores de emisiones durante el ciclo europeo NEDC en un MCIA de encendido por compresión utilizando mezclas de combustibles diésel premium y biodiesel, producido por transesterificación básica y en condiciones supercríticas*. Quito : EPN, 2019.

**MOGRO, A. s.f.** *Vehicle operational parameters monitoring under Real World Conditions - On Board Diagnostics (OBD)*. Monterrey, México : Tecnológico de Monterrey, s.f., 2010

**MONTÚFAR, P, & otros.** *Análisis de los factores de emisión dinámicos para el vehículo Toyota Hi Lux con motor de Ciclo Otto S.I para altitudes superiores a los 2500 metros*. Ríobamba : Ciencia Digital, 2019.

**MURILLO, J.** Métodos de investigación de enfoque experimental. *Métodos de investigación de enfoque experimental*. [En línea] 30 de 11 de 2019. <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>.

**PÉREZ, P & QUITO, C.** *Determinación de los ciclos de conducción de un vehículo categoría M1 para la ciudad de Cuenca*. Cuenca : UPS, 2018.

**QINGDAO SAINT.BO MECHANICAL-ELECTRONIC.** Braque Pads . [En línea] 2019. <http://www.brakepadscn.es/1-2-low-copper-ceramic-brake-pads.html>.

**QUIN, S, & otros.** *The study of a new method of driving cycles construction*. Hefei China : ELSEVIER, 2011.

**QUINCHIMBILA, F & SOLÍS, J.** *Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito : EPN, 2017.

**RECALDE, M & REVELO, R.** *Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria dinámica mediante ciclo IM*. Quito : EPN, 2015.

**RESTREPO, V, CARRANZA, Y & TIBÁQUIRA, J.** *Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira*. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2007.

**URBINA, A.** *Comparación de factores de emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y On Board en la ciudad de Quito*. Quito : EPN, 2016.